



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA PODNIKATELSKÁ**

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

**ÚSTAV INFORMATIKY**

INSTITUTE OF INFORMATICS

**APLIKACE FUZZY LOGIKY PRO VYHODNOCENÍ  
DODAVATELŮ FIRMY**

THE APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR RATING OF SUPPLIERS FOR THE FIRM

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Barbora Zábranská**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**prof. Ing. Petr Dostál, CSc.**

**BRNO 2021**

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav informatiky  
Studentka: **Bc. Barbora Zábranská**  
Studijní program: Systémové inženýrství a informatika  
Studijní obor: Informační management  
Vedoucí práce: **prof. Ing. Petr Dostál, CSc.**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

## **Aplikace fuzzy logiky pro vyhodnocení dodavatelů firmy**

### **Charakteristika problematiky úkolu:**

Úvod  
Vymezení problému a cíle práce  
Teoretická východiska práce  
Analýza problému a současné situace  
Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení  
Závěr  
Seznam použité literatury  
Přílohy

### **Cíle, kterých má být dosaženo:**

Vymezení řešeného problému a stanovení celkového a dílčích cílů. Provedení teoretického popisu základů použité teorie prostředků umělé inteligence, popis a analýza problému, vyhodnocení současné situace, provedení návrhu řešení a zhodnocení přínosu návrhu řešení. Hlavním cílem je vytvoření rozhodovacího modelu pro hodnocení dodavatelů firmy a výběr optimálního dodavatele dle potřeb podniku.

### **Základní literární prameny:**

DOSTÁL, P. Advanced Decision Making in Business and Public Services. Brno: CERM, 2011. 168 s. ISBN 978-80-7204-747-5.

DOSTÁL, P. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: CERM, 2012. 718 s. ISBN 978-80-7204-798-7.

HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.

MAŘÍK, V., O. ŠTĚPÁNKOVÁ a J. LAŽANSKÝ. Umělá inteligence. Praha: ACADEMIA, 2013. 2473 s. ISBN 978-80-200-2276-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně dne 28.2.2021

L. S.

---

Mgr. Veronika Novotná, Ph.D.  
ředitel

---

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.  
děkan

## **Abstrakt**

Táto diplomová práca predstavuje návrh modelov, ktoré sú určené na hodnotenie dodávateľov firmy Braintrast, s.r.o. Na základe hodnotenia nasleduje výber toho najviac optimálneho, podľa parametrov. Model využíva teóriu fuzzy logiky s účelom podpory v rozhodovaní. Riešenie práce je navrhnuté pomocou programov MATLAB a MS Excel.

## **Kľúčové slová**

Fuzzy logika, hodnotenie dodávateľov, výber dodávateľov, MATLAB, MS Excel

## **Abstract**

This Master's thesis presents a design of models which are intended for evaluation of Braintrast's suppliers. Based on the evaluation, there is selected the most optimal supplier according to parameters. The model uses fuzzy logic theory to support decision making. The solution is designed in programs MATLAB and MS Excel.

## **Key words**

Fuzzy logic, suppliers rating, supplier selection, MATLAB, MS Excel

### **Bibliografická citácia**

ZÁBRANSKÁ, Barbora. *Aplikace fuzzy logiky pro vyhodnocení dodavatelů firmy* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131707>.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky.  
Vedoucí práce Petr Dostál.

### **Čestné prehlásenie**

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne.

Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som vo svojej práci neporušila autorské práva (v zmysle Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

V Brne dňa 16. mája 2021

.....

Bc Barbora Zábranská

## **Pod'akovanie**

Rada by som na tomto mieste poďakovala prof. Ing. Petrovi Dostálovi, CSc. za ústretové vedenie a poskytnutie cenných rád pri spracovávaní diplomovej práce. Pod'akovanie tiež patrí mojej rodine a priateľom za pomoc a podporu počas štúdia.

# OBSAH

Úvod.....	10
Ciele práce, metódy a postupy spracovania .....	11
1 Teoretické východiská práce .....	12
1.1 Fuzzy logika .....	12
1.2 Vlastnosti fuzzy množín .....	13
1.3 Operácie s fuzzy množinami .....	14
1.4 Proces fuzzy spracovania.....	15
1.4.1 Fuzzifikácia .....	15
1.4.2 Fuzzy inferencia .....	16
1.4.3 Defuzzifikácia .....	17
1.5 Programové prostredie.....	19
1.5.1 Microsoft Excel .....	19
1.5.2 MATLAB .....	21
1.5.3 VBA .....	31
2 Analýza súčasného stavu.....	33
2.1 Stručný popis .....	33
2.2 Organizačná štruktúra.....	34
2.3 Konkurencia.....	35
2.4 Zákazníci .....	36
2.4.1 Proces zákazky .....	37
2.5 Súčasnú hodnotenie dodávateľov a požiadavky na riešenie.....	38
2.6 PLC.....	38
2.7 Požadované kritériá .....	39
2.8 Dodávatelia.....	41



3	Vlastné návrhy riešení .....	43
3.1	MS Excel – návrh riešenia .....	43
3.1.1	List_matice .....	43
3.1.2	List_historia.....	47
3.1.3	List_vypocet .....	48
3.2	MATLAB – návrh riešenia.....	53
3.2.1	Hodnotenie v rozhodovacom modeli .....	54
3.2.2	Vstupy rozhodovacieho modelu .....	54
3.2.3	Fuzzy Logic Designer .....	56
3.2.4	Membership function Editor .....	58
3.2.5	Rule Editor .....	60
3.2.6	Tvorba M-súboru.....	63
3.2.7	Grafické rozhranie App Designer .....	67
3.3	Testovanie a porovnanie modelov .....	69
3.3.1	Výsledky modelu MS Excel.....	70
3.3.2	Výsledky modelu MATLAB.....	71
3.3.3	Porovnanie rozhodovacích modelov .....	72
3.4	Prínosy riešenia.....	74
3.5	Ekonomické zhodnotenie .....	75
	Záver.....	76
4	Zoznam použitých zdrojov .....	77
	Zoznam použitých obrázkov .....	80
	Zoznam použitých tabuliek .....	82
	Zoznam použitých grafov.....	82
	Zoznam príloh .....	83

## ÚVOD

Výber vhodného dodávateľa je proces rozhodovania, ktorý sa vo firmách vykonáva manažérmi pravidelne. Pritom je kriticky dôležitý a spája sa určitou veľkosťou rizika. Tento typ rozhodnutia má dopad od rýchlosti a kvality dodávaného produktu zákazníkovi, cez jeho spokojnosť, až po zisk a celkovú prosperitu spoločnosti. V praxi sa dávno zistilo, že cena je len jedným z hlavných kritérií, ale nie tým jediným a najdôležitejším. Existujú jednoznačné kritériá, ale aj doplňujúce, ktoré môžu byť pre firmu zásadné. Ide individuálne o dobu trvania dodávky, kvalitu či dostupný servis. Je teda potrebný komplexný pohľad na túto problematiku.

Vhodným riešením je využitie nástrojov, ktoré dnešná doba ponúka na presnejšie a rýchlejšie stanovenie rozhodnutia na základe obsiahleho množstva dát. Jedným z nich je napríklad fuzzy logika, ktorá vychádza z oblasti umelej inteligencie. Umožňuje podporu rozhodovania v prípadoch, ktoré sú podmienené vágnosťou, respektíve nepresnosťou. Taktiež dokáže pracovať z pohľadu pre ľudí s najprirodzenejšou podobou významu slov, a to v prirodzenom jazyku. Z toho vychádza táto práca, ktorá sa konkrétne orientuje na návrh riešenia pre manažérov firmy Braintrast, s.r.o., pomocou tvorby modelu fuzzy logiky.

## **CIELE PRÁCE, METÓDY A POSTUPY SPRACOVANIA**

Hlavným cieľom tejto práce je tvorba funkčného systému ako nástroja pre podporu rozhodovania o výbere dodávateľa PLC a zadávateľom riešenia je firma Braintrast, s.r.o. Tento systém využíva princípy fuzzy logiky pre získanie hodnotení o dostupných dodávateľoch. Vďaka tomu model poskytuje efektívny spôsob nájdenia toho optimálneho dodávateľa, s ktorým by firma mala potenciál uzavrieť obchodný vzťah. Realizácia tvorby bude prebiehať v dvoch prostrediach podľa požiadaviek zadávateľa, a to konkrétne v Microsoft Exceli VBA a MathWorks MATLABe.

Práca sa bude skladať z troch hlavných častí. Prvá sa bude zaoberať teoretickým výkladom matematickej oblasti fuzzy logiky, teóriou fuzzy množín a procesom fuzzy spracovania. Ďalej sa bližšie objasnia programovacie prostredia pre tvorbu modelov Microsoft Excel s rozšírením o Visual Basic for Applications, MathWorks MATLAB Fuzzy Logic Designer, M-file a App Designer.

Druhá časť práce predstaví zadávateľa, firmu Braintrast, a zanalyzuje súčasný stav vnútorného a vonkajšieho prostredia spoločnosti. Opíše sa súčasný proces hodnotenia dodávateľov a z neho vyplývajúce požiadavky na nové riešenie.

Poslednou z hlavných častí práce bude blok s názvom Vlastné návrhy riešení, ktorého súčasťou bude podrobný popis tvorby daného fuzzy modelu v aplikácii MS Excel. Súčasťou bude formulár, ktorý bude užívateľským prostredím pre prácu s ponukami dodávateľov a výpočtami hodnotení. Následne sa v prostredí MATLAB najprv opíše plán tvorby vstupov a logické delenie kritérií do subsystémov, a potom sa predstaví konkrétne riešenie. Prvým krokom bude nástroj Fuzzy Logic Toolbox, kde sa nadefinujú funkcie príslušnosti vstupov a výstupov každému zo subsystémov, a následne bude možné zostaviť podmienky, na základe ktorých sa budú prevádzať hodnotenia. Vďaka výsledkom bude možné systémy a dodávateľov hodnotiť a porovnať, a tým získať výstupy tejto práce.

# 1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE

Táto kapitola je zameraná na uvedenie do základných poznatkov v teoretickej rovine danej problematiky, ktoré sú predpokladom na zvládnutie praktickej časti práce. Prvá časť sa bude podrobne venovať fuzzy logike, ďalšia priblíži podporný nástroj, teda aplikáciu Microsoft Excel, program MATLAB, editor VBA a posledná časť oboznámi s nástrojom App Designer.

## 1.1 Fuzzy logika

Profesor Lotfi Zadeh, z Kalifornskej univerzity, je zakladateľom fuzzy logiky, ktorý vydal prvú publikáciu o fuzzy množinách v roku 1965. Slovo fuzzy sa v preklade z angličtiny preloží ako „roztrepáný“, „nejasný“, alebo aj „neostrý“. Vlastnosť je fuzzy vtedy, keď ju niektoré objekty majú viac a iné zase menej. Fuzzy logika je termín, ktorý má dva významy. V širšom poňatí sa zaužíval pojem fuzzy logika pre skoro všetky metódy práce s fuzzy termínmi či množinami, napríklad vo fuzzy riadení. V úzkom zmysle slova sú to formálne systémy, ktoré sa podobajú klasickému predikátovému počtu. Inak povedané, ide o štúdium vzťahov dôsledku, ktoré existujú medzi fuzzy výrokmi. (1) (2)

Klasická Booleanova logika rozoznáva dve hodnoty, a to pravdivá s hodnotou 1 a nepravdivá s hodnotou 0. Iné pravdivostné hodnoty nepozná. Preto je ideálnym nástrojom na vyjadrovanie a dokazovanie daných výrokov o presných pojmoch. Do klasickej logiky patrí množina, všeobecné známy pojem. Tú je možné definovať pomocou vypísania prvkov alebo prvky musia splňovať určité pravidlo alebo pomocou funkcie. Charakteristická funkcia  $\mu_A(x)$ : (1) (2)

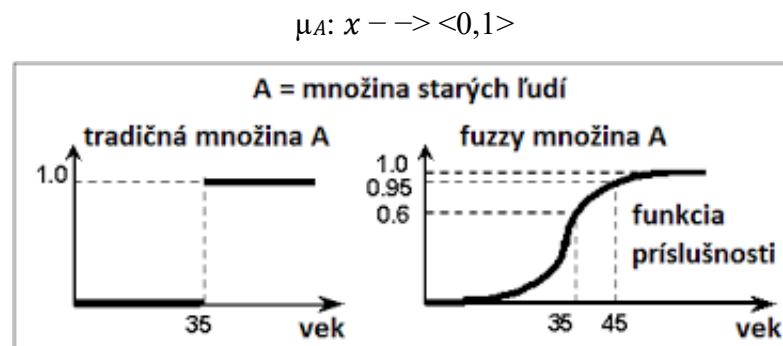
$$\mu_A: x \rightarrow \{0,1\}$$

Z toho vyplýva, že prvok  $x$  patrí množine  $A$  v prípade, že platí  $\mu_A(x) = 1$ . Naopak prvok  $x$  nepatrí množine  $A$ , keď  $\mu_A(x) = 0$ . (2)

Fuzzy logika oproti tomu pozná ďalšie pravdivostné hodnoty, väčšinou sú to reálne čísla v intervale od 0 do 1, kedy 0 znamená úplné nečlenstvo a 1 úplne členstvo. Výroky je

možno porovnávať podľa ich pravdivostných hodnôt, kedy jeden výrok je viac pravdivý ako druhý výrok. Z toho dôvodu ide o komparatívne chápanie pravdy. (1)

Tým, že fuzzy množina obsahuje svoje prvky z celého intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ , tak funkcia popisujúca túto množinu sa nazýva funkcia príslušnosti. Hodnota funkcie  $\mu_A(x)$ , ktorá dostala názov miera príslušnosti prvku  $x$ , definuje spojitú mieru, ako veľmi k nej patrí. (2)



Obrázok 1: Príklad tradičnej množiny a fuzzy množiny (Zdroj: (3))

Miera členstva (pravdivosti), odpovedá v rade reálnych situácií lepšie ako tvrdý spôsob priradenia členstva alebo nečlenstva do množiny. Fuzzy logika pomáha hľadať riešenia pre prípady, kedy ide o úplne algoritimizovateľné činnosti. Medzi metódy riadenia firmy patria aj tie, ktoré využívajú práve fuzzy logiku. (2)

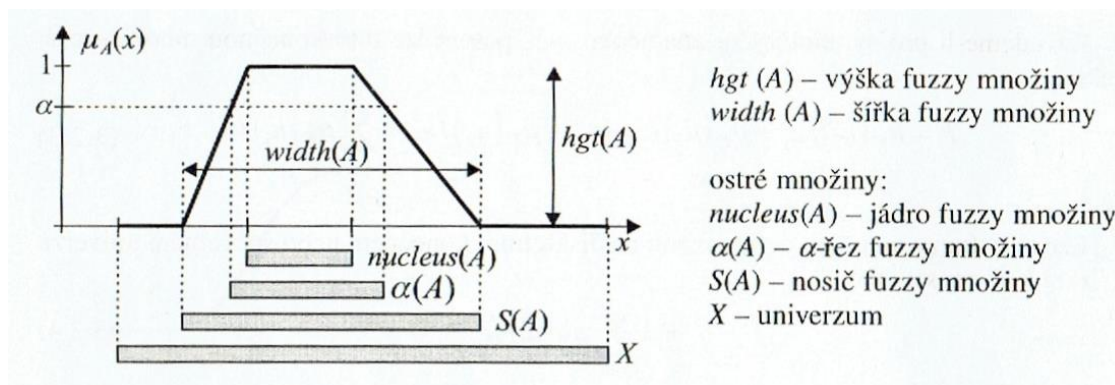
Štandardný typ fuzzy množín nie je jediný ktorý poznáme, existuje súbor ďalších druhov, ako sú intervalové fuzzy množiny, fuzzy množiny druhého typu, druhej úrovne, intuicionistické fuzzy množiny, hrubé či L-fuzzy množiny. (1)

## 1.2 Vlastnosti fuzzy množín

Pri množinách fuzzy množín je možné pozorovať rôzne vlastnosti. V tejto časti sa priblíži výška fuzzy množiny, šírka, jadro,  $\alpha$ -rez množiny, nosič a univerzum:

- Nosič (ang. support) sa označuje  $S(A)$ , je to ostrá množina určená ako množina prvkov univerza  $X$ , ktorých vlastnosťou je kladná funkcia príslušnosti.
- Výška (ang. height) fuzzy množiny  $A$  sa zapisuje  $\text{hgt}(A)$ . Ak sa rovná jednej,  $\text{hgt}(A) = 1$ , tak množina je normálna. Ak  $\text{hgt}(A) < 1$ , ide o subnormálnu množinu.

- Šírka sa označuje  $\text{width}(A)$
- Jadro je ostrou množinou tých prvkov, ktorých funkcia príslušnosti je 1 a zapisuje sa ako  $\text{nucleus}(A)$
- $\alpha$ -rez sa označujú prvky fuzzy množiny so stupňom príslušnosti minimálne  $\alpha$  (4)



Obrázok 2: Vlastnosti fuzzy množín (Zdroj: (4))

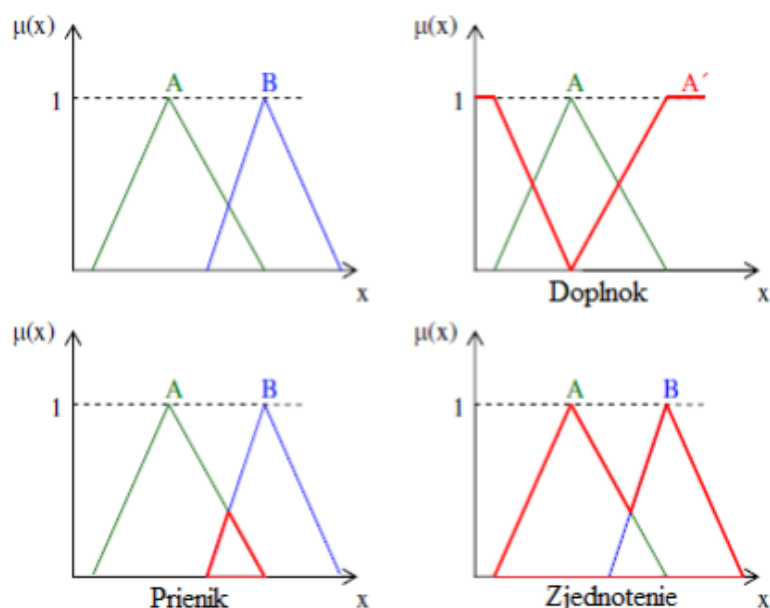
### 1.3 Operácie s fuzzy množinami

Poznáme štyri základné aritmetické operácie pri práci s fuzzy logikou, ktoré používajú iný postup, a to sčítanie, odčítanie násobenie a delenie. Ich pravidlá sú:

- $[a,b]+[c,d]=[a+b+c+d]$
- $[a,b]-[c,d]=[a-b-c-d]$
- $[a,b]*[c,d]=[\min(ac,ad,bc,bd),\max(ac,ad,bc,bd)]$
- $[a,b]/[c,d]=[\min(a/c,a/d,b/c,b/d),\max(a/c,a/d,b/c,b/d)]$  (2)

Ďalej sa používajú iné postupy aj pri vyhodnocovaní logických operátorov A, teda fuzzy prieniku, ALEBO, teda fuzzy zjednotenia či DOP, fuzzy komplementu. Využívajú sa pri daných podmienkach, definovaných pomocou štruktúry viet Keď, potom. Vyjadrujú sa nasledovne:

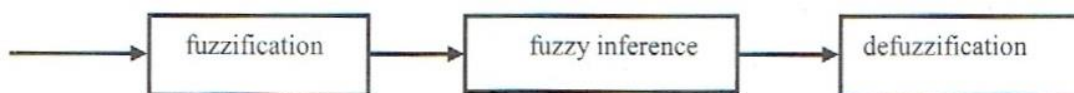
- Prienik A:  $\mu(x \cap y) = \min(\mu_x, \mu_y)$
- Zjednotenie ALEBO:  $\mu(x \cup y) = \max(\mu_x, \mu_y)$
- Doplnok/Komplement DOP:  $\mu(-x) = 1 - \mu(x)$  (2)



Obrázok 3: Proces spracovania fuzzy systému (Zdroj: (25))

## 1.4 Proces fuzzy spracovania

Pri tvorbe systému fuzzy logiky je vidieť, že pozostáva z troch hlavných krokov: fuzzifikácie, fuzzy intervencie a defuzzifikácie. Tento proces je blokovo zobrazený na nasledujúcom obrázku: (2)



Obrázok 4: Základné operácie s fuzzy množinami (Zdroj: (4))

### 1.4.1 Fuzzifikácia

Prvým krokom riešenia problému metódou fuzzy je prevod ostrých hodnôt jednotlivých veličín riadeného procesu na množinu fuzzy, teda transformácia daných reálnych premenných na jazykové premenné. Tieto hodnoty predstavujú slová a vety umelého alebo prirodzeného jazyka a sú výhodou pre ľudské porozumenie. Všeobecným štandardom je tri až osem atribútov premennej. Napríklad premenná kvalita môže mať priradené atribúty žiadna, takmer žiadna, nízka, stredná, vysoká, veľmi vysoká. (2)

Ako už bolo spomínané, každá úroveň príslušnosti atribútov premennej v množine sa dá zobraziť pomocou matematických funkcií. Tieto funkcie môžu nadobúdať krivku zo súboru rôznych tvarov funkcií príslušnosti. Praxou overené, ako tie najpoužívanejšie sú štyri štandardné, ktoré sa nazývajú  $\Lambda$ ,  $\pi$ ,  $Z$  a  $S$ . Dôvodom ich používania je jednoduchosť výpočtu lomených priamok a ich priebeh je zobrazený na obrázku nižšie. (2)



Obrázok 5: Základné funkcie príslušnosti (Zdroj: (2))

Okrem nich stoja za spomenutie aj napríklad vyhladené S krivky, ktoré sa viac blížila realite oproti predstavovaným lichobežníkovým tvarom kriviek. Stupeň členstva riešia vstupné, ale aj výstupné funkcie. (2) (4)

### 1.4.2 Fuzzy inferencia

Fuzzy inferencia je ďalším krokom, ktorý pozostáva z určenia chovania procesu stanovených pravidiel, ktoré reprezentujú znalosť riadenia daného procesu. Pravidlá majú štruktúru <Ked>, <Potom>, <S váhou> podmienok a vyhodnocujú stav danej premennej. Tieto pravidlá sa definujú podobne ako v programovacích jazykoch, kde sa zapisuje kód aj pomocou podmienkovej vety (if-else-then). (2) (4)

<Ked>  $Vstup_a$  <A>  $Vstup_b$  ....  $Vstup_x$  <Alebo>  $Vstup_y$  .... <Potom>  $Výstup_1$  <S váhou>  $z$ .

Ak nastane stav  $Vstup_a$  a  $Vstup_b$ , ....  $Vstup_x$  alebo  $Vstup_y$ , ..., potom nastáva situácia  $Výstup_1$  s váhou pravidla  $z$ , pričom  $z$  patrí  $<0,1>$ . (2)

*Ked'* (if) je fuzzy výrok nazvaný antecedent, ktorý predstavuje stav procesu a *potom* (then) je fuzzy výrok konsekvent, teda akčný zásah do procesu. Jedno samostatné pravidlo predstavuje každá kombinácia atribútov premenných, ktoré sú na vstupe systému a sú definované podmienkou <Ked> a <Potom>. Spolu tieto pravidlá tvoria expertný systém. Ďalej je treba zvoliť váhu každého pravidla v systéme, ktoré sa ale neskôr v optimalizácií



systemu dokážu upravovať. Na výstupe systému fuzzy logiky je kľúčová správnosť vymedzenia významu daných pravidiel, ktoré určuje sám užívateľ. (2) (4)

Výsledkom kroku fuzzy inferencie je jazyková premenná. Napríklad, v prípade analyzovania kvality môže ísť o atribúty žiadna, takmer žiadna, nízka, stredná, vysoká, veľmi vysoká. Výsledok potom bude podpora rozhodovania, či tovar bude vhodné nakupovať alebo nie. (2)

### **1.4.3 Defuzzifikácia**

V nasledujúcom kroku zvanom defuzzifikácia sa vychádza z výsledku predchádzajúceho kroku, teda fuzzy množiny. Cieľom je získať reálnu hodnotu pre transformáciu na klasický výstup, aby sa vystihol a reprodukoval výsledok procesu. Je známych niekoľko metód defuzzifikácie. Prvou skupinou sú metódy prijateľného riešenia, kde patrí napríklad metóda najvýznamnejšieho maxima alebo druhá skupina s názvom metódy najlepšieho kompromisu, kde patrí metóda ťažiska. (2) (4)

#### **Metódy najvýznamnejšieho maxima**

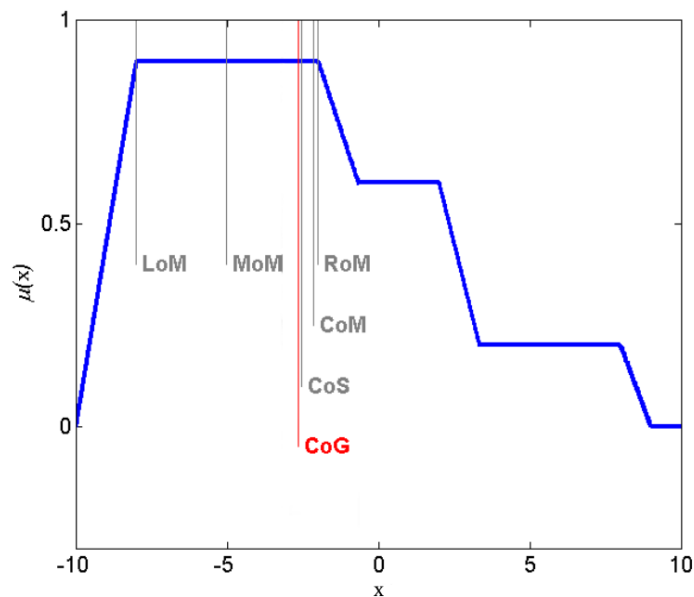
Metódy najvýznamnejšieho maxima sú typom metód defuzzifikácie, ktoré hľadajú najoptimálnejšie riešenie pomocou výberu najvyššej hodnoty funkcie príslušnosti, ktorá sa nachádza čo najviac vľavo, uprostred alebo čo najviac vpravo. Poloha tejto najvyššej hodnoty určuje ostrú hodnotu veličiny výstupu. Konkrétne poznáme:

- LoM (Left of Maximum) Metóda ľavého maxima sa inak nazýva aj FoM (First of Maximum) Metóda prvého maxima. Určuje ostrú hodnotu, ktorá dosahuje najvyšší stupeň príslušnosti pri najmenej hodnote na osi x.
- MoM (Middle of Maximum) Metóda stredného maxima udáva ostrú hodnotu pomocou aritmetického priemeru prvého maxima FoM a posledného maxima LoM.
- RoM (Right of Maximum) Metóda pravého maxima sa tiež označuje LoM (Last/Largest of Maximum) Metóda posledného Maxima. Výstupnou ostrou hodnotou je tá, ktorá pri maximálnom stupni príslušnosti dosahuje aj najvyššiu hodnotu na osi x. (4)

## Metódy ťažísk

Ďalšie metódy sa zaoberajú ťažiskom, najlepším kompromisom. Ide o metódu stredu plochy a jej modifikácie.

- CoG (Center of gravity) Metóda ťažiska je najvyužívanejšou metódou, ktorú v literatúre nájdeme aj ako CoA (Center of Area) Metódu stredu plochy. Ostrá hodnota sa hľadá ako súradnica ťažiska. Tá sa získava zjednotením jednotlivých plôch obrazca ohraničeného funkciami príslušnosti.
- CoS (Center of Sums) Metóda stredu súčtov oproti CoG berie do úvahy prekrývanie funkcií. Výsledok sa získava pomocou súčtu funkčných hodnôt príslušnosti pravidiel, a až následne sa určuje ťažisko.
- CoM (Center of Maximum) Metóda ťažiska singletónov sa nazýva aj CaM (Center average Method) Metóda priemerov stredov. Princípom ostrej hodnoty je vážený priemer stredov. Stred každej fuzzy množiny je zvážený výškou náležitej fuzzy množiny pre jednotlivé pravidlá. (4)



Obrázok 6: Metódy najvýznamnejšieho maxima a Metódy ťažísk (Zdroj: (26))

## **1.5 Programové prostredie**

Na podporu tvorby a spracovania fuzzy procesov existuje dnes na trhu rada softwarových nástrojov. Jeden z tých užívateľsky známych, využívaných napríklad na vykonávanie úloh vyhodnocovania rizika investície či rozhodovanie o kúpe nehnuteľnosti je Microsoft Excel. Výhodou je tabuľkový formát a využitie jednoduchých príkazov na operácie s funkciami. Nie vždy však tento koniec koncov obmedzený nástroj postačuje. V takom prípade treba siahnuť po nástroji MATLAB či prípadne FuzzyTech s platenými licenciami.

### **1.5.1 Microsoft Excel**

Tabuľková aplikácia Microsoft Excel, ktorá je súčasťou balíku Microsoft Office, má veľké spektrum využitia, a zároveň doplnkovým nástrojom MS Excelu je VBA programovací jazyk (Visual Basic for Application). Objektový model MS Excelu umožňuje užívateľovi využívať niekoľko výkonných objektov na analýzu dát, ktorými sú grafy, objekty listov, rada matematických, finančných či ekonomických funkcií. VBA dokáže efektívne pracovať s týmito objektmi, a to napríklad tvoriť formuláre, automatizované procedúry, teda makrá atď. (5)

### **Rozhodovací systém**

Riešenie tvorby systému v aplikácii Microsoft Excel sa skladá z niekoľkých krokov modelovania, výpočtu, a hlavne zostavenia tabuliek. Základom je stanovenie vstupov a ich ohodnotenie, preto prvú časť tvorí popis transformačnej matice, a následne samotná transformačná matica. (2)

Popis transformačnej matice pozostáva vo voľbe kritérií, ktoré ovplyvňujú celkové rozhodnutie, vypísané v záhlaví tabuľky. Ku každému kritériu sú priradené možnosti, ktoré hodnoty by mohli nadobúdať. (2)

**Tabuľka 1: Popis transformačnej matice** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Počet miestností	Veľkosť v m <sup>2</sup>	Vlastníctvo	Kuchyňa	Poloha	Cena v tis. Kč
1	0+1	0-50	štát	áno	mesto	300-400
2	1+1	51-70	družstvo	nie	okraj mesta	400-500
3	2+1	71-90	osobné		obec	500-600
4	3+1	91-110			samota	600-700
5	4+1	111-140				700-800
6	5+1	141 - viac				800-900

Následne je možné prideliť každému kritériu a ich hodnoteniu váhu, teda sa zostaví transformačná matica. Zostavuje sa na základe priorít a požiadaviek užívateľa, firmy alebo organizácie. Čím vyššie číslo hodnotenia, tým je pre tvorcu priorít pozitívnejšie, naopak nízke číslo znamená menšiu žiadosť. (2)

**Tabuľka 2: Transformačná matica** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
	Počet miestností	Veľkosť v m <sup>2</sup>	Vlastníctvo	Kuchyňa	Poloha	Cena v tis. Kč	
1	2	5	3	5	4	4	
2	4	6	3	0	5	5	
3	7	9	5		3	5	
4	8	10			1	3	
5	10	8				2	
6	5	7				1	
Max	10	10	5	5	5	5	40
Min	2	5	3	0	1	1	12

Ďalšou dôležitou tabuľkou je stavová matica, ktorá sa tvorí pre každý konkrétny sledovaný objekt. Bunky v tabuľke sa plnia písmenom A (áno) alebo N (nie) či objekt odpovedá danej kombinácii kritéria a možnosti nadobudnutia hodnoty. Pravidlom zostavovania je, že práve jedna možnosť kritéria môže nadobúdať symbol A, ostatným je priradený symbol N. Pre účely ďalšieho výpočtu sa transformujú bunky s písmenom A na 1 a s písmenom N na 0. (2)

**Tabuľka 3: Stavová matica** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Počet miestností	Veľkosť v m <sup>2</sup>	Vlastníctvo	Kuchyňa	Poloha	Cena v tis. Kč
1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	1	0
3	0	1	1		0	1
4	1	0			0	0
5	0	0				0
6	0	0				0

Výstupom situácie alebo objektu je hodnota, ktorá sa získava skalárnym súčinom transformačnej matice a stavovej matice. Ukážka vyplývajúca z príkladu, tabuľky vyššie:

$$R = 1 * 8 + 1 * 9 + 1 * 5 + 1 * 5 + 1 * 5 + 1 * 5 = 37$$

Pre získanie lepšej vypovedajúcej hodnoty je treba toto číslo previesť na percentá pomocou delenia sumou maximálnych hodnôt a násobením 100 krát.  $\frac{37}{40} * 100 = 92,5\%$ . Táto hodnota sa potom porovnáva so zostavenou retransformačnou maticou. Ide o maticu pozostávajúcu z daných rozpätí možných výsledkov transformačnej matice a k nim odpovedajúcich slovných vyjadrení. Tie hovoria či sa nehnuteľnosťou zaoberať, prípadne kúpiť alebo v žiadnom prípade neinvestovať. (2)

**Tabuľka 4: Retransformačná matica** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	Body v %	Nehnuteľnosť	Priorita
1	0-30	Neinvestovať	4
2	31-60	Sledovať	3
3	61-95	Zvážiť investíciu	2
6	95-100	Investovať	1

## 1.5.2 MATLAB

Dlhá história vývoja tohto programu začína v 60tych rokoch minulého storočia vo firme MathWorks, Inc sídliacej v Amerike. Najvýznamnejšiu rolu odohrávali J. H. Wilkinson, George Forsythe a John Todd. Dnes pre technickú podporu Českej a Slovenskej republiky je výhradným zástupcom firma HUMUSOFT s.r.o. Poskytujú distribúciu a užívateľskú podporu softwaru vhodný na vedecko-technické výpočty a možnú simuláciu systémov pomocou nástroja MATLAB a doplnku Simulink. (6) (7)

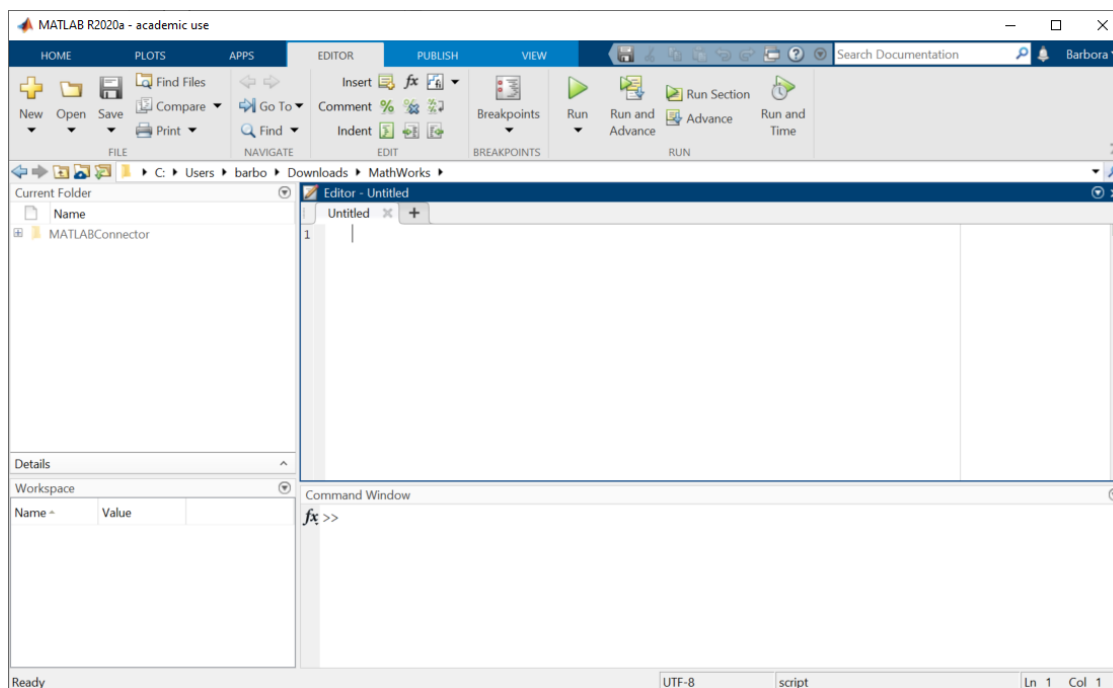
Ako programovací jazyk a nástroj na vizualizáciu údajov ponúka MATLAB bohatú radu schopností. Rovnako ako kalkulačka, MATLAB zvládne základnú matematiku, ale navyše až po riešenie problémov v inžinierskych, vedeckých, výpočtových a matematických disciplínach. Vďaka tomu je využívaný miliónmi užívateľov po celom svete. Základom jadra MATLABu sú matice a polia, pretože všetky dáta sú ukladané do polí. Z toho vyplývajú všeobecne známe operácie maticovej algebry, ale aj operácie s poľami umožňujúce rôznymi spôsobmi rýchlu manipuláciu s množinami dát. Okrem práce s maticami ponúka podobné programovacie funkcie, ktoré ponúkajú aj iné počítačové programovacie jazyky. Navyše MATLAB umožňuje využitie jeho grafických nástrojov užívateľského rozhrania, vďaka ktorým sa dá použiť ako nástroj na vývoj aplikácií. (8)

MATLAB je mimoriadne výkonným nástrojom na riešenie problémov a úloh aj zásluhou knižníc funkcií, nazývaných toolboxy či súbory M-funkcií. Tie sa zameriavajú na špecifické účely štatistiky, optimalizácie neurónových sietí, spracovanie signálov a obrazu a ešte omnoho viac. (8)

### **Prostredie MATLAB**

Po spustení programu sa na monitore počítača sa zobrazí jedno alebo viac okien. Jedno z týchto okien, nazývané MATLAB, sa bežne nazýva pracovná plocha (MATLAB desktop). Toto okno je primárne grafické užívateľské rozhranie. V okne MATLABu sa v dolnej časti nachádza okno s názvom Príkazové okno (Command window), ktoré je hlavným miestom interakcie s programom. Výzva, s označením `>>`, sa zobrazí v príkazovom okne, a v prípade že dané okno je aktívne, napravo od výzvy sa zobrazí blikajúci kurzor. Kurzor a výzva znamenajú, že MATLAB čaká na vykonanie matematickej operácie. (8)

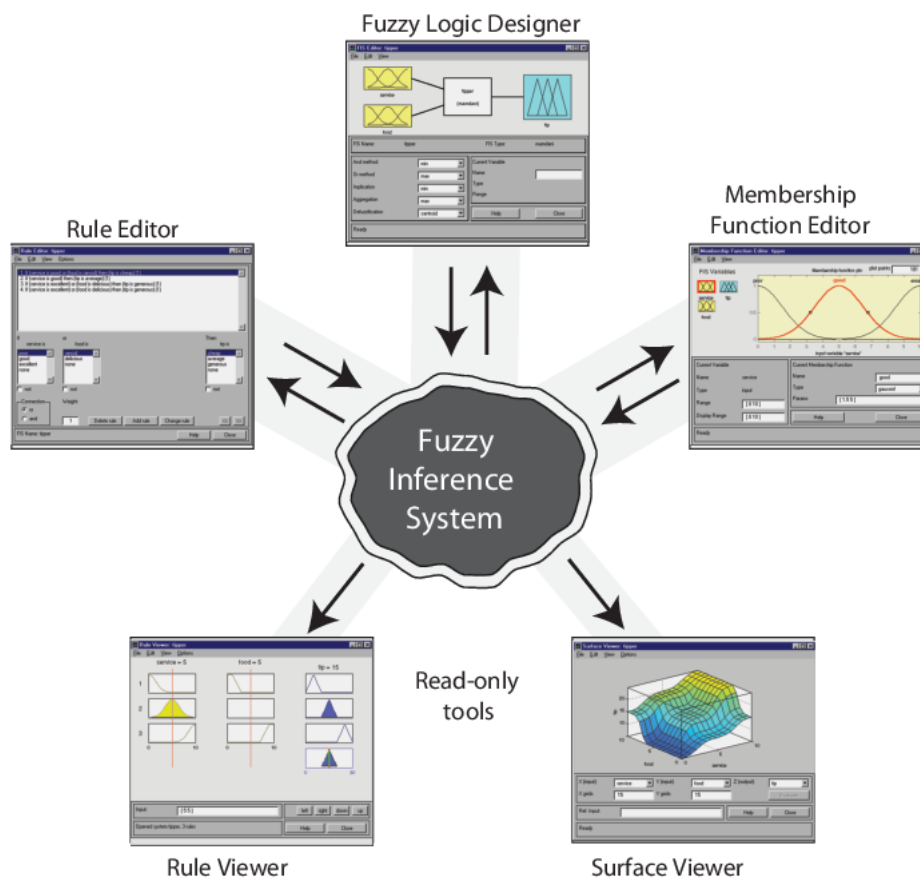
Pri práci v okne príkazov si program pamätá zadané príkazy a tiež hodnoty všetkých premenných, ktoré sa overujú. O týchto príkazoch a premenných sa hovorí, že sa nachádzajú v pracovnom priestore MATLAB alebo v základnom pracovnom priestore a je možné ich kedykoľvek vyvolať. (8)



Obrázok 7: Základné užívateľské prostredie MATLAB (Zdroj: Vlastná tvorba)

## Fuzzy Logic Toolbox

Fuzzy Logic Toolbox, ktorý sa spúšťa príkazom *fuzzy* v príkazovom riadku sa využíva v rámci programu MATLAB na analýzu, návrh a simuláciu systémov založených na fuzzy logike. Tvorba týchto systémov môže byť buď pomocou priameho písania do príkazového riadka alebo všeobecne oveľa jednoduchšie, vytvoriť grafický systém. Tak ako vidno na obrázku nižšie, Fuzzy Logic Toolbox ponúka päť hlavných nástrojov k tvorbe, modifikácii či pozorovaniu fuzzy odvodzovacieho systému. Ide o FIS editor (the Fuzzy Inference System/Fuzzy Logic Designer), MF editor (Membership function editor), ďalej Rule editor, Rule viewer a Surface viewer. Vymenované grafické užívateľské rozhrania sú dynamicky prepojené. Vďaka tomu zmeny, ktoré sa vykonajú na fuzzy systéme pomocou jedného z nich môžu priamo ovplyvniť to, čo užívateľ uvidí v ostatných otvorených grafických rozhraniach. (9)

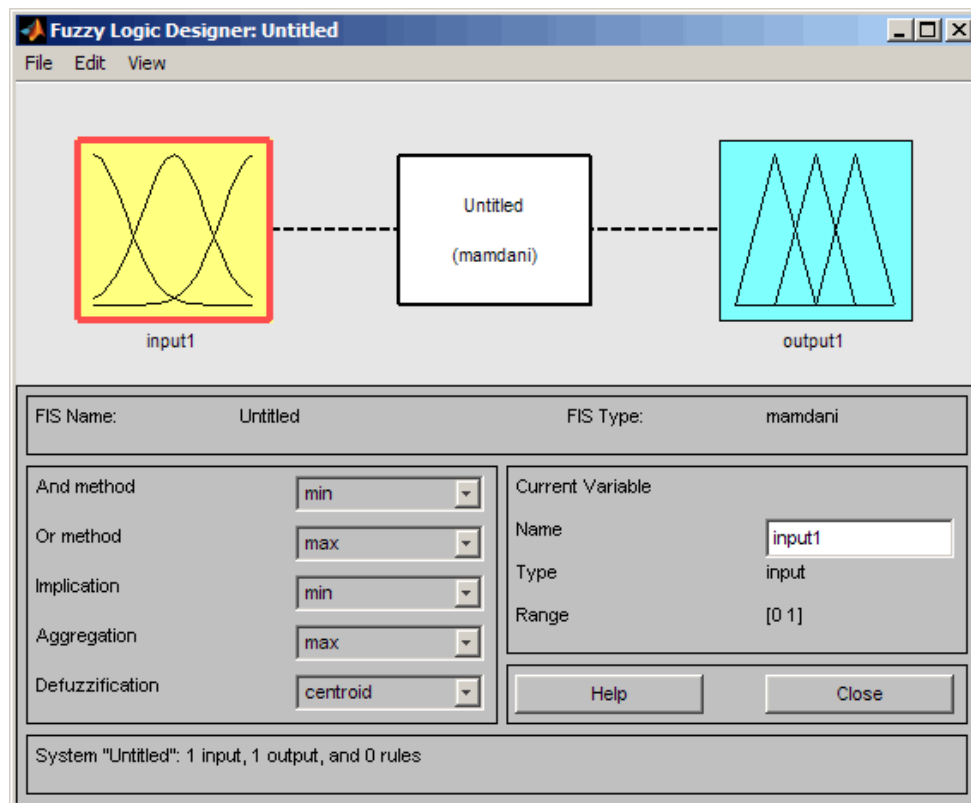


Obrázok 8: Fuzzy Logic Toolbox (Zdroj: (10))

## Fuzzy Inference System Editor

Proces tvorby začína pridaním v grafickom užívateľskom rozhraní - editore FIS. Môže sa nazývať aj Fuzzy Logic Designer. Tam sa riešia problémy počtu vstupných a výstupných premenných systému či ich pomenovanie. Vo všeobecnosti Fuzzy Logic Toolbox nestanovuje obmedzenie na veľkosť počtu vstupných premenných. Toto ohraničenie stanovuje veľkosť dostupnej pamäte užívateľovho počítača, alebo v prípade vysokého počtu vstupov alebo funkcií príslušnosti. Analýza fuzzy systému pomocou ostatných nástrojov Fuzzy Logic Toolboxu môže byť značne zložitá. (2) (9)





**Obrázok 9: FIS editor** (Zdroj: (10))

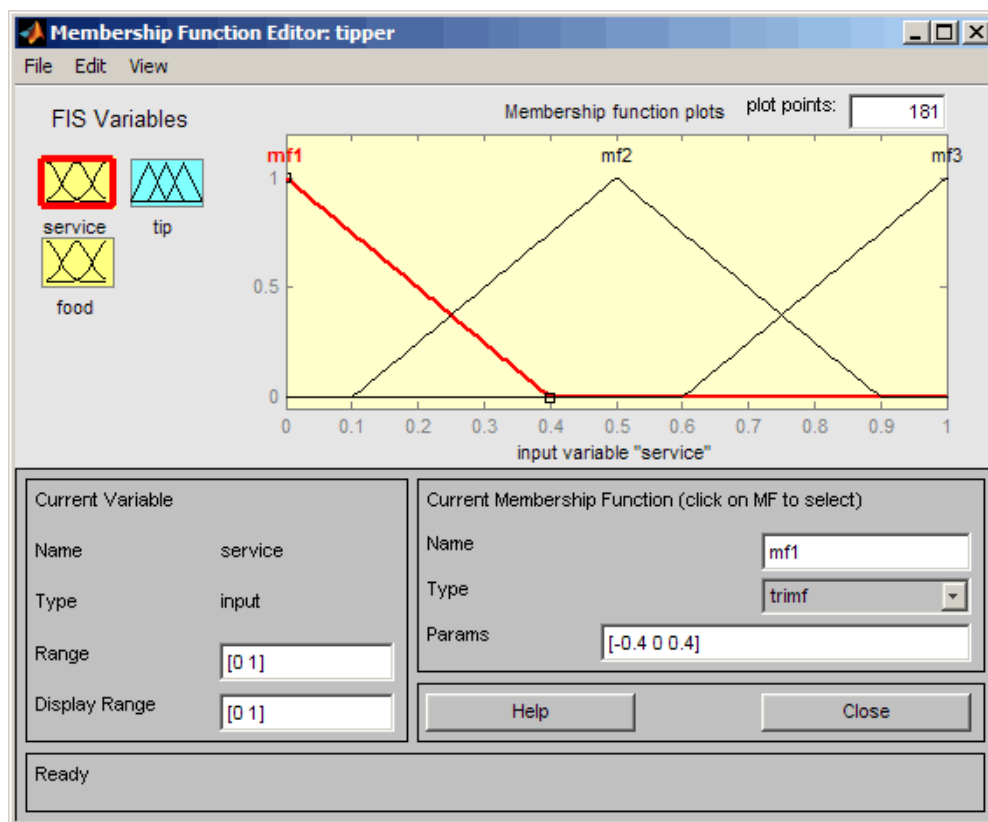
Ako je vidieť na obrázku vyššie, FIS editor zobrazuje celkové informácie o fuzzy systéme. V pravej hornej časti okna sa nachádza jednoduchý diagram s predvoleným názvom input1, ktorý reprezentuje vstupnú premennú. V pravej časti je s názvom output1 výstupná premenná. Grafické ikony týchto premenných sú iba vzorové, nezobrazujú reálne tvary daných funkcií príslušnosti. (9)

V spodnej časti okna, na ľavej strane, sú rôzne ponuky na úpravu časti procesu odvodenia, ktorých výber sa zobrazí po rozbalení. Na opačnej strane spodnej časti je vidieť zobrazenie názvu vstupnej alebo výstupnej premennej, jej priradený typ funkcie príslušnosti a jej rozsah. Posledné dve polia sú zadané až po funkcii príslušnosti. (9)

### **Membership Function Editor**

MF editor je pomôcka pre zobrazenie, definovanie a úpravu tvarov každej z funkcií príslušnosti, ktoré sú spojené so všetkými vstupnými a výstupnými premennými pre celý fuzzy systém. Z užívateľského pohľadu MF editor zdieľa niektoré funkcie s editorom FIS.

Na vstup do MF editoru je potrebné vybrať premennú, ktorej funkcia príslušnosti sa ide upravovať vo FIS editore a kliknúť na ňu. (9)



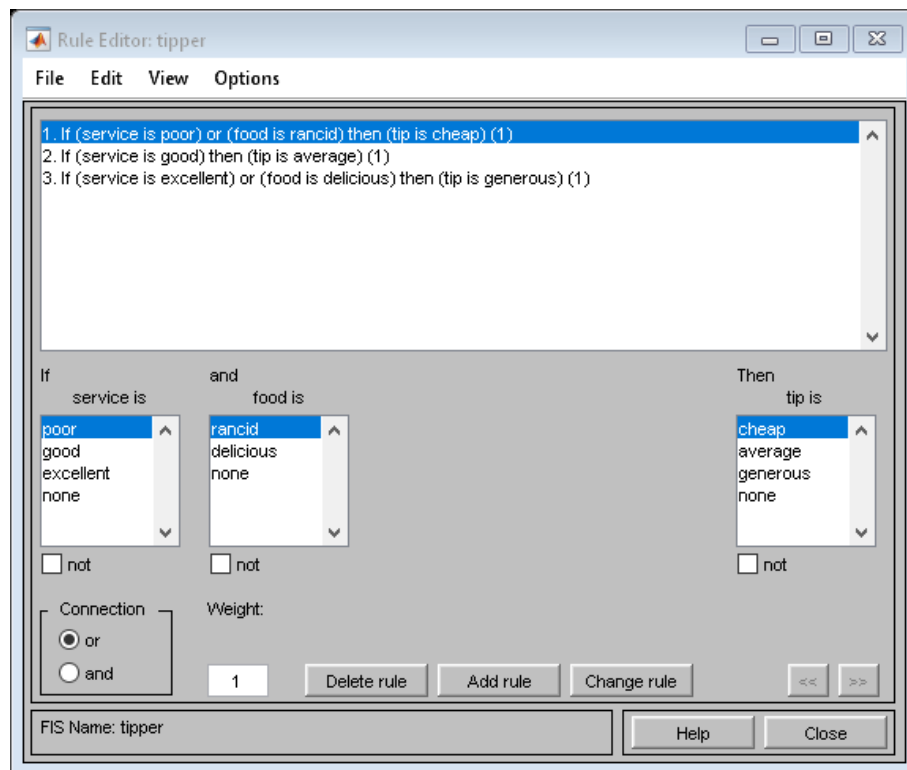
**Obrázok 10: Membership Function Editor** (Zdroj: (10))

Ako je vidieť na obrázku vyššie, v ľavej hornej časti sa zobrazujú aj ostatné z premenných, ktorým je tiež možné nastaviť funkcie príslušnosti. Na úpravu tej vybranej, je treba kliknúť na *Edit* a zvoliť *Add MFs*, v novom vyskočenom okne. Tu sa môže zvoliť typ funkcie príslušnosti (trimf, trapmf, gaussmf, gbellmf) a ich počet k danej premennej. Ďalej v ľavej dolnej časti sú informácie o type a názve aktuálnej premennej a možnosť úpravy rozsahov vybranej premennej a grafu. V pravom dolnom rohu sú ovládacie prvky pre názov, typ a parametre funkcie. Dominantný graf napravo zobrazuje funkcie príslušnosti aktuálnej premennej. (9)

## Rule Editor

Ako z názvu vychádza, ďalším užívateľským rozhraním sa umožňuje tvorba a modifikácia pravidiel definujúcich, ako sa má fuzzy systém správať. Rule editor vychádza automaticky generovaním z popisov už definovaných vstupných a výstupných premenných editora FIS. (9)

Daný zoznam fuzzy pravidiel sa nachádza v hornej časti okna. V strednej časti sú zobrazené posuvné zoznamy výberu hodnoty vstupných a výstupných premenných, aj s možnosťou *none* (žiadna), ktorá znamená negáciu príslušnej kvality. V ľavej dolnej časti je výber *and* (a) alebo *or* (alebo) pre spájanie hodnôt premenných v pravidlách. Posunom doprava vidieť tlačidlá *Delete*, *Add*, *Change rule* pre zmazanie, pridanie alebo zmenu vybraného pravidla. (9)



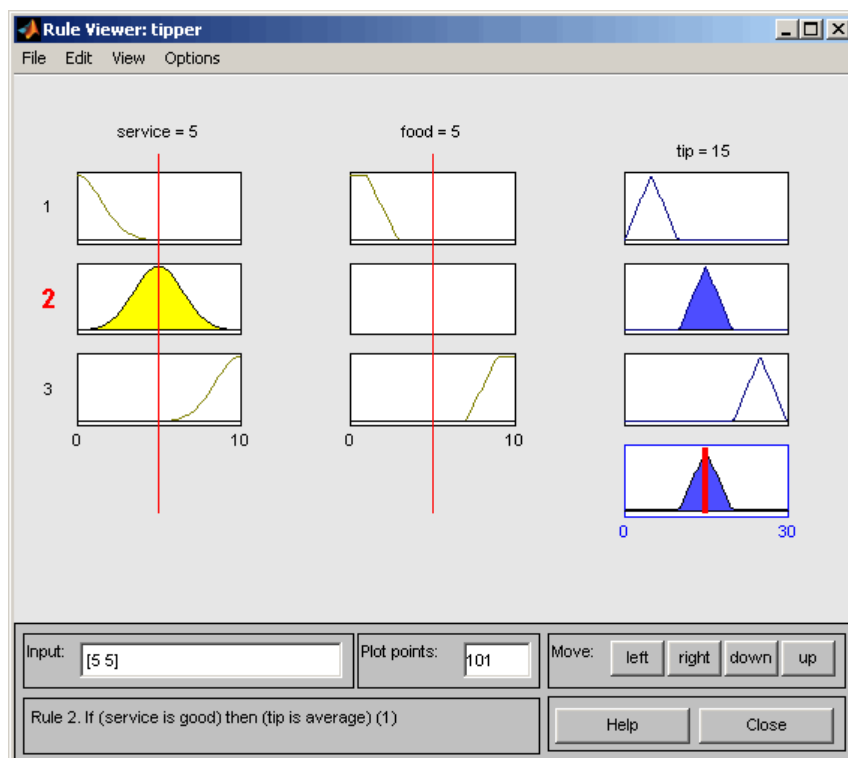
Obrázok 11: Rule Editor (Zdroj: (10))

Po ukončení práce v Rule editore je fuzzy systém definovaný tak, že sú zavedené premenné, funkcie príslušnosti a pravidlá potrebné na výpočet problematiky. Pre kontrolu sa treba pozrieť na fuzzy diagram z predchádzajúcej časti, či sa všetko správa podľa predstáv a požiadaviek. (9)

## Rule Viewer

Ďalšie používateľské rozhranie, ktoré treba spomenúť, je Rule viewer na zobrazenie plánu fuzzy procesu. Vstup do tohto okna je po výbere položky *View* a kliknutí na *Rules* v Rules editore. Tento nástroj ozrejmuje ako sa fuzzy systém chová, diagnostikuje pravidlá, pozoruje zmeny pri zmene vstupných premenných. (9)

Na obrázku nižšie vidieť desať okien. Každý riadok znamená jedno pravidlo, zároveň čísla sú zobrazené v ľavej časti riadku a každý stĺpec predstavuje premennú s daným názvom. Zľava vidieť dve vstupné premenné so šiestimi žltými grafmi predstavujúce funkcie príslušnosti, na ktoré sa odkazuje predchodca alebo časť *ak* každého pravidla. Na pravej strane je stĺpec jednej výstupnej premennej s tromi modrými grafmi, ktorý zobrazuje funkcie príslušnosti odkazované dôsledkom alebo časťou *potom* každého pravidla. Pomocou posunu kurzorov je možné meniť hodnoty vstupných premenných. Po kliknutí na jedno z čísel pravidiel sa v stavovom riadku nižšie zobrazí dané pravidlo. (9)

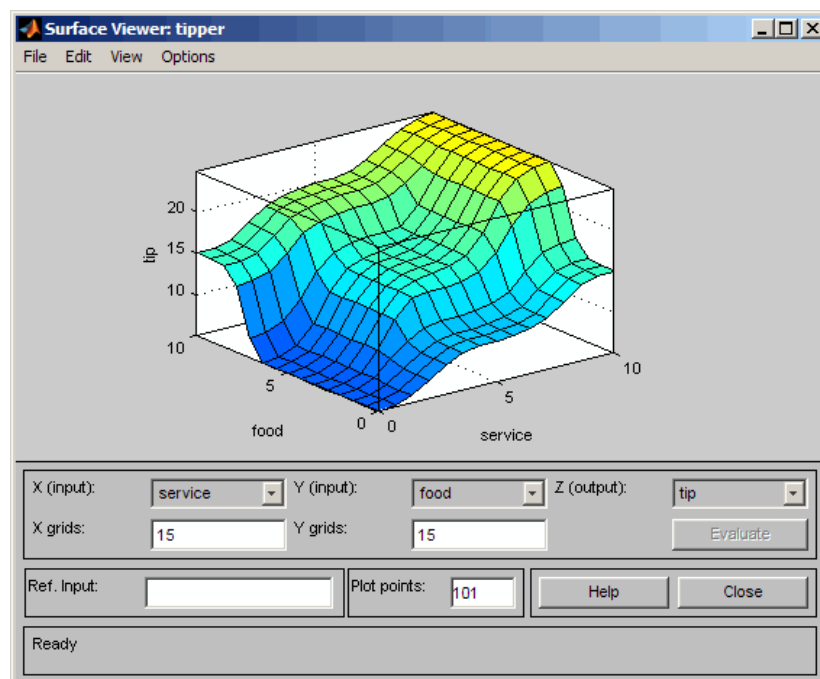


Obrázok 12: Rule Viewer (Zdroj: (10))

## Surface Viewer

Surface viewer je nástroj pre grafické zobrazenie priestorovej trojrozmernej krivky, ide o mapovanie od vstupných premenných po výstupnú premennú. Tak, ako to vidieť na obrázku nižšie, systém s dvomi vstupmi a jedným výstupom sa v MATLABe graficky vykresľuje jednoducho. V prípade pridávania ďalších premenných, teda dimenzií, sa narazí na čoraz väčší problém zobrazovania výsledkov. (9)

Surface viewer disponuje rozbaľovacími možnosťami výberu ľubovoľných hodnôt vstupov a výstupu. Pod touto ponukou sú polia pre zadanie užívateľom ohľadom toho, koľko riadkov mriežky na osi x a na osi y má graf obsahovať. Kliknutím na tlačidlo *Evaluate*, sa zahajuje výpočet a vykreslenie grafu. Pre editáciu je možné zmeniť hodnoty polí a nanovo vyvolať výpočet a graf. (9)



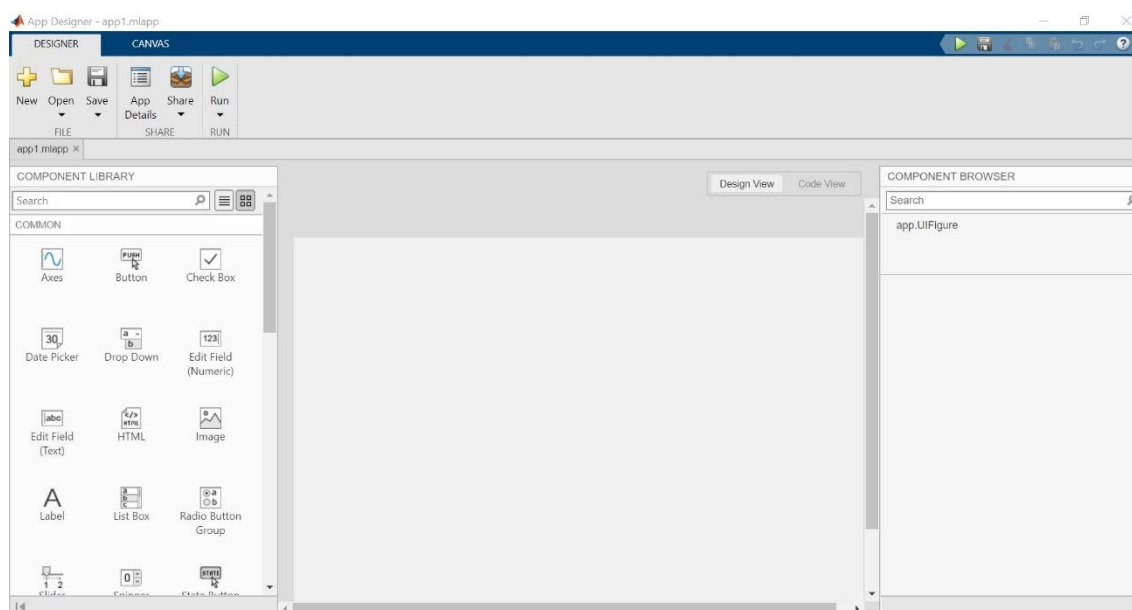
Obrázok 13: Surface Viewer (Zdroj: (10))

## App Designer

App Designer je nástroj v MATLABe, ktorý umožňuje vytvárať profesionálne aplikácie. Výhodou je, že vhodným aj pre niekoho, kto nie je profesionálnym vývojárom softwaru. Jeho základnými funkciami sú podržanie a presúvanie vizuálnych komponentov, aby sa určil vzhľad grafického užívateľského rozhrania (GUI) a pomocou integrovaného editora je možné rýchlo naprogramovať jeho správanie. (11)

Ako bolo naznačené, prostredie sa skladá z dvoch hlavných prostredí, medzi ktorými sa dá jednoducho pomocou tlačidla prepínať. Prvým krokom je tvorba rozloženia vizuálnych ovládacích komponentov, s ktorými bude koncový užívateľ pracovať. Treba vyriešiť, ktoré prvky rozhrania budú v návrhu použité, a to pomocou dostupnej knižnice na ľavej strane prostredia. Ďalej nasleduje problém, kde v ploche budú umiestnené. Posunom vizuálnych komponentov na dizajnové plátno a pomocou tlačidiel na zarovnanie, je možné získať presné rozloženie. App Designer automaticky generuje objektovo orientovaný kód, ktorý určuje rozloženie a dizajn aplikácie. (11)

Pre zaistenie funkčnosti, je potrebné definovať každému prvku čo bude vykonávať a ako sa bude správať. Po prepnutí do programovacej časti pomocou tlačidla Code View sa zobrazí vygenerovaný kód z návrhovej časti prvkov, ktorý je pre programátora zablokovaný. Vnútri kódu sa preto nachádzajú okná umožňujúce naprogramovanie aplikácie. App Designer je tiež schopný pomocou nástroja Code Analyzer automaticky skontrolovať problémy s kódovaním. Počas písania programu je možné si zobraziť výstražné a chybové správy, a na základe týchto správ je možné aplikáciu následne upravovať. (11)



Obrázok 14: App Designer (Zdroj: Vlastná tvorba)

### 1.5.3 VBA

Ďalším nástrojom je programovací jazyk Visual Basic for Application. Je to objektovo orientovaný skriptovací jazyk dodávaný spoločnosťou Microsoft od roku 1993. Vznikol na základe Visual Basic jazyka, postavený na základoch jazyka BASIC. Prvýkrát VBA predstavili ako doplnkový nástroj Excelu 5. Dnes sa rozšíril aj do iných aplikácií a je možné nájsť ako súčasť napríklad aplikácie Excel, Word alebo Access v Microsoft Office balíku. Syntax jazyka je zachovaná, rozdielom je objektový model danej aplikácie. Výhodou je, že ak sa užívateľ naučí pracovať s VBA v Exceli, otvorí sa brána písania makier aj v ostatných aplikáciách Microsoftu. (12)

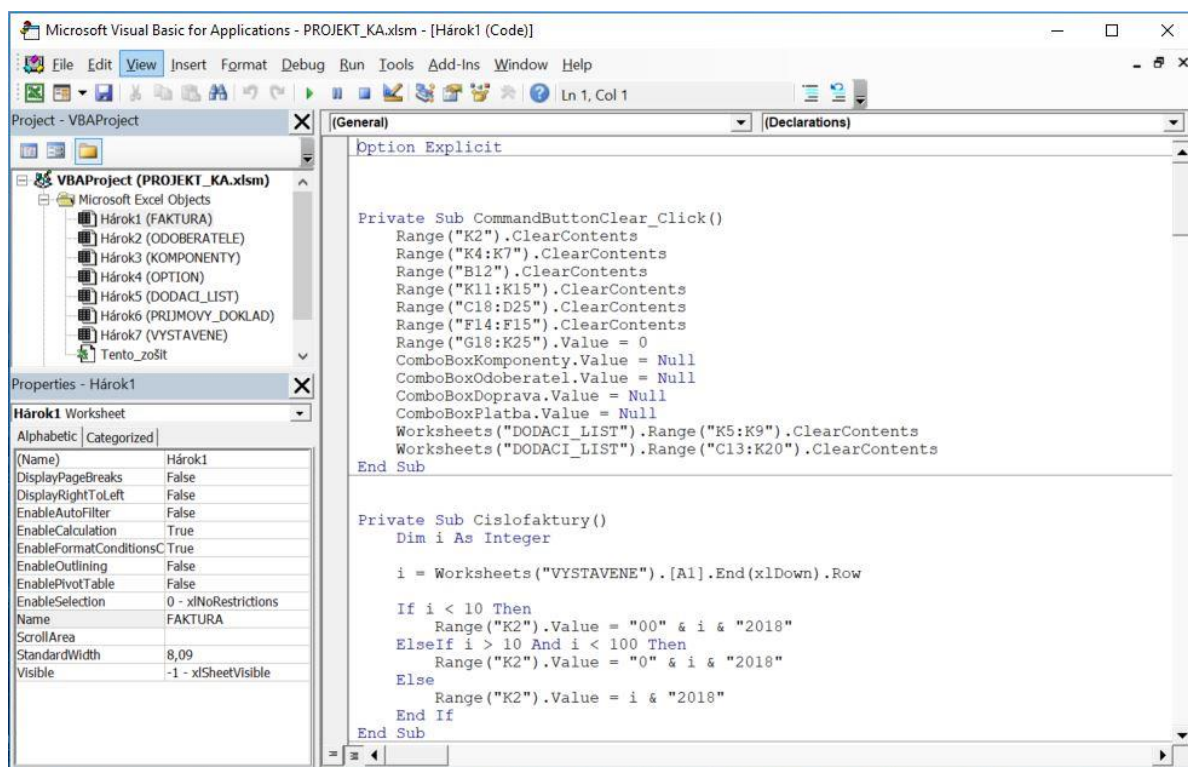
Objektový model v Exceli poskytuje radu objektov, ktoré sú zamerané na analýzu dát – od matematických, ekonomických či finančných funkcií, grafov a objektov listov. VBA je nástroj pre efektívnu prácu s výkonnými objektmi v Exceli tvorbou formulárov či makier. (12) (13)

#### Editor VBA

Visual Basic Editor je prostredie, kde je možné písať kód VBA a pomocou neho spúšťať radu činností. Nie je možné ho otvoriť samostatne, ale iba ako doplnok dokumentu niektorej z aplikácií Microsoftu, napríklad Excelu. VBA Editor sa otvára cez zložku Vývojár, ktorá sa ale za normálnych okolností nezobrazuje v ponuke pásu kariet. Je potrebné nastaviť jeho zobrazenie v možnostiach prispôsobenia pásu kariet danej aplikácie. Druhou a rýchlejšou cestou spustenia editora je aj pomocou klávesovej skratky Alt + F11. (14)

Keď sa spustí Visual Basic Editor, automaticky sa otvára okno s názvom Visual Basic for Applications. Ako vidieť na obrázku nižšie, v hornej časti vidieť *Panel ponúk* s príkazmi určenými pre prácu s rôznymi súčasťami editora. Rovno pod Panelom ponúk sa nachádza štandardný *Panel nástrojov*, ktorý sa dá rôzne užívateľsky prispôsobovať. Pod Panelom nástrojov naľavo je umiestnené okno *Project Explorer*, ktorý slúži pre výpis otvorených zošitov (VBA Projektov) s väzbami na zoznam listov rozvetvený na zoznam modulov či zoznam formulárov. Ten sa zobrazuje ako diagram typu stom. Pre rozbalenie jedného z modulov je potrebné kliknúť na názov daného modulu. Najväčší priestor okna zaberajú *Okno kódu VBA* a *Okamžité okno*. V pravej časti je okno kódu, ktoré vždy patrí do

niektorej z položiek nachádzajúcej sa v stromovom diagrame. Priamo pod týmto oknom sa nachádza okamžité okno, ktorého prínos je priamy priebeh príkazov v okne kódu určené pre otestovanie kódu napísaného užívateľom. V ľavom dolnom rohu sa nachádza *Okno vlastností*, ktorého primárne využitie prichádza pri práci tvorby formulárov. Tu je možné nastaviť vlastnosti objektu od jeho názvu cez viditeľnosť, prípadne veľkosť objektu. (14) (15)



Obrázok 15: VBA Editor (Zdroj: Vlastná tvorba)



## 2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Druhým blokom tejto práce je predstavenie a analýza súčasného stavu vybranej firmy na základe informácií získaných rozhovormi s interným zamestnancom.



Obrázok 16: Logo firmy Braintrast, s.r.o. (Zdroj: (18))

- **Dátum vzniku zápisu:** 1. jún 2000
- **Spisová značka:** C 22470 vedená u Krajského soudu v Ostravě
- **Obchodná firma:** BRAINTRAST, s.r.o.
- **Sídlo:** Frýdecká 488, Staré Město, 739 61 Třinec
- **Identifikačné číslo:** 25857703
- **Právna forma:** Spoločnosť s ručením obmedzením
- **Konatelia:** Ing. Stanislav Stonawski, Bogdan Niemczyk
- **Predmet podnikania:** Nákup tovaru s účelom jeho ďalšieho predaja; Sprostredkovateľská činnosť; Inštalácie a opravy elektrických strojov a prístrojov; Automatizované spracovanie dát. (16)

### 2.1 Stručný popis

Vybranou spoločnosťou je BRAINTRAST, s.r.o., ktorá bola založená v roku 2000. Po vzniku fungovala so šiestimi zamestnancami, no následne sa začala rozrastať jednak v počte zamestnancov, ale aj vo svojej odbornej a profesijnej činnosti. (17)

V súčasnosti firma ponúka služby v oblasti priemyselnej automatizácie. To znamená návrh na mieru aktuálnemu zákazníkovi podľa jeho potrieb. Tieto služby zahŕňajú návrh a realizáciu projektov MaR a ASŘ, taktiež odborné poradenstvo, údržbu a prípadné opravy, montáž a ožiovovanie rozvádzačov elektro, MaR, ASŘ a slaboprúdu, dodávky prostriedkov meraní či regulácie, dodávky komponent priemyselnej automatizácie, priemyslové IT vrátane periférií, vývoj aplikačného softwaru pre PLC a vizualizáciu technologických procesov. (18)

Pre jednotlivé projekty tvoria dokumentáciu, tvorbu špeciálneho softwaru, realizáciu kamerových a ESZ systémov či realizáciu technologických, počítačových a bezdrôtových sietí. Taktiež sa zameriavajú na služby v oblasti výpočtovej techniky, teda dodávanie a servis IT, periférií a digitálnej techniky, poskytovanie systémovej podpory, tvorbu a servis webových stránok. (18)

## **2.2 Organizačná štruktúra**

Firma sa skladá celkom z 16 členov osôb, ktorí majú svoju pozíciu danú v niektorej z hierarchických vrstiev. Jednotlivé väzby sú zobrazené na obrázku nižšie.

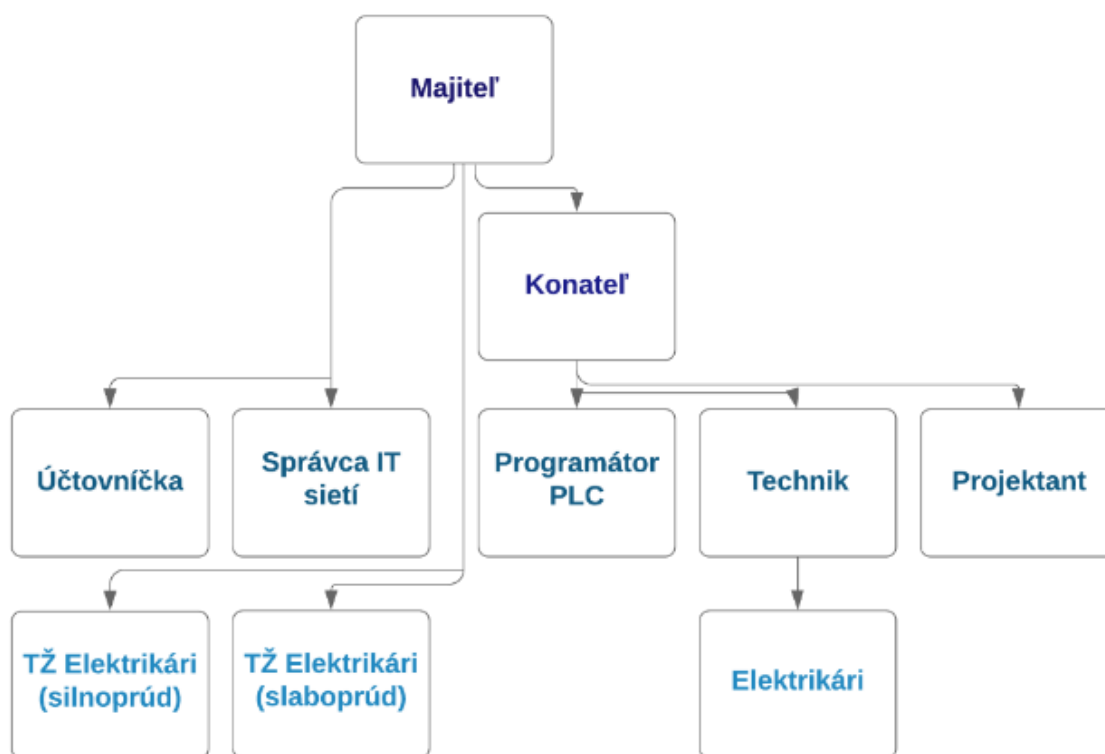
Na vrchole pyramídovej organizačnej štruktúry stojí majiteľ, ktorý zároveň zastáva úlohu konateľa. Riadi procesy súvisiace s bežným chodom obchodu, to znamená administratívna činnosť, marketing, komunikácia so zúčastnenými stranami, najmä zákazníkmi či zmluvné jednanie.

Na druhej úrovni sa nachádza zástupca majiteľa a zároveň konateľ, ktorý tiež v mene spoločnosti uzatvára zmluvy a rieši obchody, ale jeho zameranie je viac technické a konkrétne riadi zákaznícke projekty.

Pod obchodnou časťou sa nachádza správca IT sietí, ktorý spravuje, inštaluje a podporuje využívanie IT sietí, rovnako ako hardwaru a softwaru. Táto osoba zároveň nakupuje počítače, teda za firmu obchoduje s elektronikou. Na tej istej úrovni v obchodnej časti sa nachádza účtovníčka na vedenie účtovníctva, prípravu výkazov, účtovných závierok, daňových priznaní atď. Na rovnakej hierarchickej úrovni, ale v technicky orientovanej časti sa nachádza projektant, ktorého cieľom práce je navrhovať a vykonávať projektovú dokumentáciu, ďalej komunikovať a spolupracovať s ostatnými zúčastnenými odborníkmi. Programátor PLC konfiguruje PLC hardware a písaním kódu udáva chovanie riadiaceho systému podľa požiadaviek na automatizáciu výrobných, prípadne regulačných činností. Osoba na pozícii technika má na starosti skupinu elektrikárov.

Na ďalšej úrovni sa nachádzajú spomínaní elektrikári, ktorí sa rozdeľujú na dve skupiny. Prvá vykonáva servis ako celoročnú zákazku Třineckým železničiarom. Každý deň obchádzajú a kontrolujú prevádzku kde je potrebné vykonať servis. Z nich štyria sú

zameraní na slaboprúd, teda meranie a reguláciu slaboprúdovej elektrotechniky a dvaja sú zameraní na silnoprúd. Druhou skupinou sú elektrikári, ktorí tiež plnia zákazky pre Třinecké železiarne, ale zároveň aj pre iných zákazníkov, jednorazové zákazky vyhrané vo výberovom konaní. (17)



**Obrázok 17: Grafická organizačná štruktúra** (Zdroj: Vlastná tvorba)

Vzhľadom k tomu, že väčšina zamestnancov v dielnickej profesii sú elektrikári, okrem spomínaných členov firmy existuje dlhodobá spolupráca s ľuďmi s živnosťou a ide o osoby samostatne zárobkovo činné s vlastným IČOm. Nepočítajú sa do stavu firmy, ale firma ich využíva vždy na určitý typ práce, ako strojársku činnosť, dokonca s ich pracovným vytážením na sto percent. Konkrétne sú to pomocné technické práce, napríklad zváranie či tvorba káblových trás. (17)

## 2.3 Konkurencia

Firma si za svoje roky pôsobenia na trhu vybudovala svoje miesto medzi konkurenciou v Českej a Slovenskej republike v odbore priemyselnej automatizácie.

## **Autel montáže**

Autel montáže, dcérska spoločnosť Autelu, je firma založená v roku 1994 so sídlom v Trinci. Pôsobia v oblastiach hutného priemyslu, energetického priemyslu, energetiky, ekologických stavieb či chemického a spracovateľského priemyslu. Konkrétne ide o výrobu rozvádzačov, montáže meracej a regulačnej techniky a automatizovaných systémov riadenia technologických procesov. (17)

Pre firmu Braintrast sú priamou konkurenciou, pretože sídlo majú situované v rovnakom meste a ponúkané služby sú podobné. Oba podniky fungujú vedľa seba, pretože pre Autel montáže sú lukratívne objemovo väčšie zákazky a mimo Třineckých železiarní. (17)

## **Živnostníci**

Živnostníci sú firme konkurenciou, ale je jasné, že objemovo ani spektrom ponúkaných služieb nemôžu realizovať rovnako komplexné služby. Pokrývajú dopyt menších, jednorazových zákaziek tvorby riešenia alebo opravy, zväčša lokálne. Spoločnosť disponuje elektrikármi, nájazd'áčmi, programátormi, ktorí sú schopní namodulovať ucelené systémy a riešenia pre zákazníka v rámci jediného dodávateľa. (17)

## **2.4 Zákazníci**

Najčastejšie projekty sa týkajú riadenia a regulácie priemyselných technologických procesov pre haly a veľké výrobné spoločnosti, ktorá chce pridať nový proces alebo obnoviť stávajúci. Treba povedať, že nikdy nie sú dve zákazky rovnaké a vždy ide o individuálny prístup. Zväčša ide o riešenie úseku priemyselného procesu ale občas aj celého, ako napríklad kompletná automatizovaná linka. Príkladom môže byť riadenie pecí v kovárni – zapal'ovanie horákov, riadenie teploty pomocou čidiel, zmiešavanie plynov do horáku či riadenie hydraulických lisov atď. Zákazníci si vo väčšine prípadov najímajú firmu pre riešenie ako externistov pre vlastné projekty. Sú jedným z posledných článkov ich veľkého procesu zmeny, kedy často sú pod tlakom, aby svoj projekt dodali načas. (17)

### 2.4.1 Proces zákazky

Spoločnosť dnes už nemusí usilovať o zákazky tak, že by boli zobrazovaní na serveri a čakali na verejnú dopytovú súťaž. V praxi sa firmy poznajú a zákaznícka firma požiadala 5 až 6 firiem o ponuku na jej zákazku. Preto po príchode základného textového dopytu sa získava prehľad o požiadavkách zákazníka. Nasleduje schôdzka konateľ a alebo technika so zástupcom firmy s obchôdzkou. Výsledkom je súbor informácií o tom, kde by projekt prebiehal a ujasnenie detailov požiadaviek. Ďalej sa rozhoduje o tom, či ide o nacenenie projektu so špecifikovanými materiálmi a jeho realizáciu alebo ide o zákazku ešte vrátane návrhu projektu a výberom materiálu. V prípade druhej možnosti sa nechávajú komponenty nacenit dodávateľmi elektro-materiálu. Po rozhodnutí výberu vhodného dodávateľa sa posiela konečná ponuka zákazníkovi. (17)

Po rozhodnutí zákazníka, že bude s firmou Braintrast spolupracovať, prebieha stretnutie o doladení detailov a zladenie predstáv konečného produktu. Následne, v prípade zákazky so zadaným projektom, sa okamžite začína objednávať špecifikovaný materiál od cudzím projektantom vybraných dodávateľov a samotná realizácia. V prípade projektovania zákazky je tiež prítomný projektant, ktorý ho primárne navrhne, nakreslí a konzultuje s konateľom. Kvôli uplynutiu času a možných zmien sa koná nové dopytovanie cenovej ponuky dodávateľov podľa aktuálneho projektu a výber dodávateľov. Ďalej začína výroba rozvádzačov a programátor pracuje na dodaní naprogramovaného priemyselného počítača PLC a následne sa vymenované zložky spoja. Ak je to možné, vykonajú sa testovania ešte vo firme, inak dochádza k realizácii na mieste u zákazníka v danom termíne. Vo väčšine prípadov je nutná demontáž starého zariadenia, potom je možné postaviť nový rozvádzač, namontovať nové čidlá a celé riešenie pripojiť a sprevádzkovať. Prebehne zaškolenie vybranej obsluhy, revízne kontroly, ucelené zdokumentovanie a predanie zákazníkovi. V poprojektovej časti sa nachádza priestor na drobné dokončenia a následne firma podľa potreby zaisťuje servis a opravy. (17)

Ide o malú firmu s obmedzenou kapacitou ľudských zdrojov. Nie je časté, aby bežalo súbežne viac projektov, väčšinou je jeden projekt v projektovej časti a zároveň druhý v predprojektovej časti. (17)

## **2.5 Súčasné hodnotenie dodávateľov a požiadavky na riešenie**

Firma pre každý svoj projekt aj niekoľkonásobne vyhľadáva toho najvhodnejšieho dodávateľa tak, že konateľ alebo projektant dopytuje pomocou emailu alebo telefonicky ponuku vytipovanej skupiny dodávateľov. Po získaní potrebných informácií sa cena a technické parametre zapisujú do zošita v aplikácii MS Excel. Pre rozhodnutie o výbere dodávateľa musí dotýčny dôjsť úvahami sám, pretože sa nevyužíva žiaden nástroj pre zjednodušenie rozhodovania. Často jediným rozhodujúcim kritériom je iba cena daného prvku. Z dôvodu, že tento proces nevykonáva jedna osoba, dochádza k duplicitným dopytom a redundantným dátam.

Z uvedenej situácie vychádza potreba spoločnosti vytvorenia systému podpory rozhodovania o dodávateľovi PLC, ktorý bude možné aplikovať opakovane, v budúcnosti ho bude možné rozšíriť podľa nových potrieb a za čo najnižšie náklady. PLC je nákladný prvok, ktorý si vyžaduje najväčšiu pozornosť pri výbere jeho dodávateľa. Na základe tohto vyjadrenia je predstavené riešenie, ktorému sa venuje ďalšia kapitola tejto práce.

## **2.6 PLC**

PLC je skratka názvu Programmable Logic Controller, ktorý v preklade znamená Programovateľný logický automat. Je to miniatúrny priemyselný počítač, ktorý vďaka svojmu špecifickému hardwaru a softwaru dokáže prevziať a prevádzkovať riadiace funkcie, ako je riadenie procesov či ovládanie strojov. Najskôr boli PLC systémy aplikované na riadenie výrobných procesov pre nahradenie napevno zapojených relé, aby zabezpečili prevádzku montážnych liniek a strojov. Neskôr robotizácia a priemyselná automatizácia prenikli do ďalších odvetví a stále sa rozširujú, a tak PLC systémy vidieť aj v nevýrobných odboroch. Hlavnými oblasťami sú energetika, výroba, zdravotníctvo, komunikačná infraštruktúra, bezpečnosť, výroba atď. (19)

### **Komponenty a druhy**

Štandardne sa systémy PLC skladajú z dvoch komponentov, a to Central Processing Unit CPU a digitálne a analógové I/O modulov. CPU je mikroprocesor, ktorého funkciou je spúšťať riadiaci program. Tieto procesy zahŕňajú načítanie dát zo vstupných modulov,

vyhodnotenie a následné posielanie príkazov na výstupné moduly. I/O moduly sú spomínané vstupné a výstupné moduly, ktoré pracujú ako dátové rozhranie medzi CPU a ovládacím zariadením v reálnom čase. Umožňujú kontrolu aktuálneho stavu zariadení, ktoré sa podľa programu ovládajú. (19)



**Obrázok 18: PLC** (Zdroj: (19))

Podľa modularity, rozlišujeme PLC systémy na dva druhy. Prvým je kompaktný (fixný) vyznačujúci sa tým , že ide o jediné zariadenie, ktoré obsahuje CPU, I/O moduly a eventuálne aj napájanie. Výhodou je hotové riešenie, ale naopak nedisponuje možnosťou rozšírenia. Druhým je modulárny PLC systém, ktorý tvorí súbor modulov. Je možné ich rozmanito kombinovať a takmer bez obmedzení rozširovať. (19)

## **2.7 Požadované kritériá**

Po rozhovore s konateľom, ktorý je zapojený do výberu dodávateľov firmy, vznikol zoznam požadovaných kritérií, ktorý predstavuje základ na tvorbu vlastného riešenia tejto práce. Konkrétne ide o cenu, kvalitu, dodáciu lehotu, predchádzajúcu spoluprácu, kladné referencie, dostupnosť náhradných dielov, doprava, tuzemský záručný servis a reklamácia. Bližšie sa im venuje nižšie.

## **Cena**

Cena je neoddeliteľnou súčasťou pri rozhodovaní o kúpe tovaru či služby, ktorá by mala indikovať zároveň aj kvalitu. Patrí do úzkej špičky najdôležitejších kritérií, ale nemal by byť jediným. PLC sa na trhu pohybujú v širokom intervale, preto sa rozlišujú hladiny na menej ako 70 tis. Kč, 70 - 120 tis. Kč, 120 - 160 tis. Kč, 160 -200 tis. Kč, 200 - 250 tis. Kč, až po viac ako 250 tis. Kč. Konečná cena tiež závisí od funkcionality a aplikácie tohto prvku.

## **Kvalita**

Kvalita a spoľahlivosť na odolnosť sú jedným z najdôležitejších pohľadov na výrobok, pretože firma zavádza riešenie do priemyselného prostredia. Ide o extrémne podmienky od vysokých teplôt, cez prašné prevádzky až po otrasy. S ohľadom na to, aby zákazník firme viackrát v záručnej dobe nereklamoval poruchu, je vhodné pri rozhodovaní o jeho prvotnom obstaraní brať do úvahy jeho akosť. Z tejto požiadavky vychádza delenie kvality na nízku, strednú a vysokú.

## **Dodacia lehota**

Nemalý podiel firemných zákaziek sú stanovené tak, že sa musia uskutočniť v krátkom čase intervale, zväčša 2 až 3 týždne. V týchto prípadoch nie je vhodné spolupracovať s dodávateľom, ktorý zaručuje dodanie produktu viac ako 31 dní, teda bude kladená väčšia preferencia na dodávateľa s krátkou dodacou lehotou. Vyplyva rozlíšenie doby dodania na menej ako 4 dni, 4 – 7 dní, 7 – 14 dní a viac ako 14 dní.

## **Predchádzajúca spolupráca**

Ďalším kritériom je predchádzajúca spolupráca, pretože dlhoročné skúsenosti zahŕňujú predstavu o tom, ako dodávateľ pristupuje k svojim odberateľom a čo je možné od ich produktov očakávať. Tento obraz sa spresňuje vyšším počtom spoluprác a podľa požiadaviek dodávateľ spadá do hodnoty bez predchádzajúcej spolupráce, menej ako 5 krát, 5 - 10 krát, 10 – 20 krát a viac ako 20 krát.

## **Kladné referencie**

Kladné referencie sú praxou overené skúsenosti ostatných odberateľov a ich spokojnosť s dodaným tovarom a službami. Ide o vytvorenie predstavy o dodávateľovi s ktorým



firma ešte nespolupracovala alebo hodnotenie tretej strany. Sleduje sa menej ako 50% pozitívnych referencií, 50 – 75% a viac ako 75%.

### **Dostupnosť náhradných dielov**

Dostupnosť náhradných dielov súvisí so záručným servisom a opravami porúch. Či dodávateľ má alebo nemá dostupné náhradné diely, môže pri rozhodovaní značne zavážiť. Z tohto dôvodu sa rozlišuje dostupnosť všetkých náhradných dielov, iba niektorých dielov a celková nedostupnosť.

### **Doprava**

Dodávateľ, ktorý ponúka dopravu zdarma je atraktívny, kvôli nulovým nákladom za vyhládanie prepravnej spoločnosti a samotnú prepravu. V ďalšom prípade je výhodný osobný odber do okruhu 50 km od sídla spoločnosti. Zostávajúcimi možnosťami sú prepravná spoločnosť, ktorá zahrňuje poplatok a osobný odber nad 50 km.

### **Tuzemský záručný servis**

Častokrát je nutná údržba alebo opravy v záručnej dobe, ktoré nedokáže vykonať firemný technik, ale iba samotný dodávateľ. Zároveň ide o geografické vymedzenie tuzemského charakteru. V rozhodovaní zaváži, či takáto služba je k dispozícii alebo nie.

### **Reklamácia**

Z pohľadu garancie rýchlosti vybavenia reklamácie je čím nižšia, tým vhodnejšia. Aj keď ide o službu, ktorá nemusí byť využitá, pre firmu má určitú váhu pri rozhodovaní. Pri dlhej dobe reklamácie si firma negatívne ovplyvňuje reputáciu a zákazníkovi vzniká riziko nežiadúcich nákladov. Z tohto dôvodu sa rozlišuje reklamácia za menej ako 7 dní, 7 – 14 dní, 14 – 21 dní, 21 – 31 dní a viac ako 31 dní.

## **2.8 Dodávatelia**

Dodávateľov PLC je celá rada a každý sa vyznačuje v iných úrovniach kvality poskytovania tovaru a služieb. Niektorí z nich sú:

## **Siemens**

Firma Siemens operuje po celom svete a má 170 ročnú históriu. Poskytuje veľké množstvo druhov riešení PLC systémov v rade priemyselných automatizačných systémoch SIMATIC. Veľkým pozitívom je spoľahlivá dostupnosť náhradných dielov a rýchle dodanie objednávky do niekoľkých dní. (20)

## **Yokogawa**

Yokogawa je jeden z popredných poskytovateľov riešení pre priemyselnú automatizáciu a má dostatočné zastúpenie v Českej republike. Riadiace systémy vyvíjajú hlavne pre ropný priemysel a rafinérie, pri čom ponúkajú systémy, ktoré kladú dôraz na bezpečnosť, redundanciu a spoľahlivosť. Vďaka tomu je oprava aj základného procesoru možná za prevádzky systému. (21)

## **Rockwell Automation - AllanBradley**

Allen Bradley je obchodná značka radu továrenských automatizačných zariadení vyrábaných spoločnosťou Rockwell Automation. Ich riadiace systémy pomáhajú splniť od jednoduchých až po zložité aplikačné požiadavky. (22)

## **Tecomat**

Spoločnosť Tecomat vznikla v roku 1993 z privatizačného projektu závodu TESLA Kolín oddelením a osamostatnením divízie automatizačnej techniky. Ide teda o systémy českej firmy, ktorá disponuje dlhoročným know-how. Z tohto dôvodu je najväčšou výhodou dostupnosť náhradných dielov, podpora a servis, ktorý je 24/7 na vysokej úrovni. (23)

## **ABB**

Firma ABB poskytuje riešenia s vysokým výkonom a flexibilitou, ktoré je možné efektívne nasadiť v rôznych priemyselných odvetviach a aplikáciách vrátane vody, infraštruktúry budov, dátových centier, obnoviteľnej energie, automatizácie strojov, manipulácie s materiálmi a ďalších. Výhodou týchto systémov je modularita, teda prispôsobivosť riešenia čo najbližšie požiadavkám. (24)

### 3 VLASTNÉ NÁVRHY RIEŠENÍ

Odborom firmy Braintrast, s.r.o., je široké spektrum: priemyselná automatizácia a IT služby. Rozhodovanie o dodávateľoch potrebných komponent je podstatnou a každodennou súčasťou ich pracovnej náplne. Preto táto časť práce sa zaoberá tvorbou riešenia na dané požiadavky firmy, zvýšenia kvality a rýchlosti rozhodovania ohľadom riadiaceho systému PLC. Ako už bolo spomenuté, je to oblasť, v ktorej firma nemá dostačujúci nástroj na podporu rozhodovania.

V kapitole vyššie boli spomenutí dodávatelia, ktorých ponuky budú vstupnými dátami do vytvoreného riešenia na podporu rozhodovania o dodávateľoch, na ich hodnotenie. Daných potenciálnych dodávateľov je šesť, ale neskôr bude možné pridať ďalších podľa potreby.

Na riešenie úlohy a tvorbu rozhodovacieho systému sa budú využívať dva programy, a to Microsoft Excel a MATLAB.

#### 3.1 MS Excel – návrh riešenia

Táto časť sa bude venovať tvorbe rozhodovacieho systému v prostredí MS Excel s programovacím jazykom VBA. Spoločnosť má v súčasnosti zakúpenú licenciu a využíva balíček MS Office od Microsoftu. Výhodou sú teda náklady, kedy využívanie tejto aplikácie nemá podmienku nákupu novej licencie. Okrem toho ide o najvyužívanejší aplikačný nástroj spoločnosti, preto orientácia v programe a možnosť začať používať dané riešenie bude časovo nenáročné.

Rozhodovací systém, teda zošit EXCELmodel.xlsx, je kvôli prehľadnosti rozdelený do viacerých záložiek. Sú to *List\_matice*, *List\_historia* a *List\_vypocet*. Týmto listom sa venuje nižšie v tejto kapitole.

##### 3.1.1 List\_matice

Prvým listom je *List\_matice*, kde sa nachádzajú dôležité zostavené tabuľky. Prvou z nich je *Popis transformačnej matice*, ktorá zobrazuje kritéria a priradené slovné ohodnotenie.

Druhou tabuľkou je samotná *Transformačná matica*, ktorá priradzuje číselnú hodnotu. Ďalšou je *Stavová matica*, ktorá zobrazuje vybrané kritéria daného dodávateľa. Poslednou maticou je *Retransformačná matica*, podľa ktorej sa získava hodnotenie konkrétneho dodávateľa.

### Slovný popis transformačnej matice

Táto matica zobrazuje jednotlivé kritéria, ktoré boli spomínané v predchádzajúcej časti. Každý stĺpec matice, ako vidieť podľa názvu v tabuľke nižšie, predstavuje jedno kritérium: *Cena v tis. Kč*, *Kvalita*, *Kladné referencie v %*, *Dostupnosť náhradných dielov*, *Doprava*, *Dodacia lehota*, *Predchádzajúca spolupráca*, *Tuzemský záručný servis*, a *Reklamácia*. Pod názvom sa nachádzajú jeho slovné atribúty, ktoré dané kritérium môže nadobúdať, od najmenej po najviac preferované.

**Tabuľka 5: Slovný popis transformačnej matice 1/2** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	I.	II.	III.	IV.	V.
	Cena tis. Kč	Kvalita	Kladné referencie v %	Dostupnosť náhradných dielov	Doprava
1	viac ako 250 tis. Kč	nízka	menej ako 50%	nie	osobný odber > 50 km
2	200 – 250 tis. Kč	stredná	50% - 75%	niektoré	prepravná spoločnosť
3	160 -200 tis. Kč	vysoká	viac ako 75%	všetky	osobný odber < 50 km
4	120 – 160 tis. Kč				prepravná spoločnosť – zdarma
5	70 – 120 tis. Kč				
6	menej ako 70 tis. Kč				

**Tabuľka 6: Slovný popis transformačnej matice 2/2** (Zdroj: Vlastná tvorba)

VI.	VII.	VIII.	IX.
Dodacia lehota	Predchádzajúca spolupráca	Tuzemský záručný servis	Reklamácia
viac ako 14 dní	nie	nie	viac ako 31 dní
7 – 14 dní	menej ako 5 krát	áno	21 – 31 dní
4 – 7 dní	5 – 10 krát		14 – 21 dní
menej ako 4 dni	10 – 20 krát		7 – 14 dní
	viac ako 20 krát		menej ako 7 dní

### Číselné hodnotenie transformačnej matice

Tabuľka *Hodnotenie transformačnej matice*, nachádzajúca sa tiež na liste *List\_matic*, má tiež stĺpce reprezentujúce jednotlivé kritéria hodnotenia. Rozdielom oproti predchádzajúcej tabuľke sú celým číslom, teda kvantifikované hodnotené preferencie

v intervale od 1-10. Ako vidieť v tabuľke nižšie, dôležitosť kritéria rastie vzostupne, presne podľa daných požiadaviek firmy. Pod tabuľkou vidieť jednotlivé intervaly kritérií, ktoré môže byť napríklad v *Kladných referenciách v %* 3 až 8, pretože málo kladných referencií môže znamenať málo celkových referencií a ani veľa kladných referencií nie je sto percentnou zárukou. Hodnota 8 je teda váhou vstupného kritéria.

Ďalším krokom je skalárny súčin, vďaka ktorému sa získa výstup s vypovedajúcou hodnotou, že či a s akou váhou konkrétny dodávateľ splňuje požiadavky.

**Tabuľka 7: Číselné hodnotenie transformačnej matice 1/2** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	I.	II.	III.	IV.	V.
	Cena	Kvalita	Kladné referencie v %	Dostupnosť náhradných dielov	Doprava
1	3	2	3	1	2
2	5	6	7	5	5
3	7	10	8	10	6
4	8				8
5	9				
6	10				
Min	3	2	3	1	2
Max	10	10	8	10	8

**Tabuľka 8: Číselné hodnotenie transformačnej matice 2/2** (Zdroj: Vlastná tvorba)

VI.	VII.	VIII.	IX.		
Dodacia lehota	Predchádzajúca spolupráca	Tuzemský záručný servis	Reklamácia		
1	2	1	1		
4	3	9	3		
7	5		5		
10	7		6		
	10		9		
1	2	1	1	Suma	16
10	10	9	9	Suma	84

## Stavová matica

Ďalšou dôležitou tabuľkou v liste *List\_matic* je *Stavová matica*, ktorej funkciou je zachytenie parametrov konkrétného dodávateľa, a tým aj vstupy do výpočtu na jeho hodnotenie. Výber možnosti kritéria závisí na zadaní užívateľom do vyčistenej tabuľky iba s hodnotami 0.

Ako vidieť na obrázku nižšie, bunky môžu nadobúdať iba hodnotu buď 0 alebo 1. V prípade, že dodávateľ ponúka cenu 170 tis. Kč v stĺpci *Cena*, do bunky s pozíciou [3,1] sa vpíše 1. Je to pozícia odvodená od tabuľky *Slovný popis transformačnej matice*. Ostatné bunky kritéria sa vyplnia číslom 0. Je treba dodržať pravidlo, aby v každom stĺpci bola práve jedna 1 ako vstup. Toto pravidlo sa zaistí pomocou VBA programovania.

**Tabuľka 9: Stavová matica 1/2** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	I.	II.	III.	IV.	
	Cena	Kvalita	Kladné referencie v %	Dostupnosť náhradných dielov	Doprava
1	0	0	1	0	0
2	0	1	0	0	1
3	1	0	0	1	0
4	0				0
5	0				
6	0				
Suma	1	1	1	1	1

**Tabuľka 10: Stavová matica 2/2** (Zdroj: Vlastná tvorba)

V.	VI	VII	VIII	
Dodacia lehota	Predchádzajúca spolupráca	Tuzemský záručný servis	Reklamácia	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
1	1		1	
0	0		0	
	0		0	
1	1	1	1	Suma

## Retransformačná matica

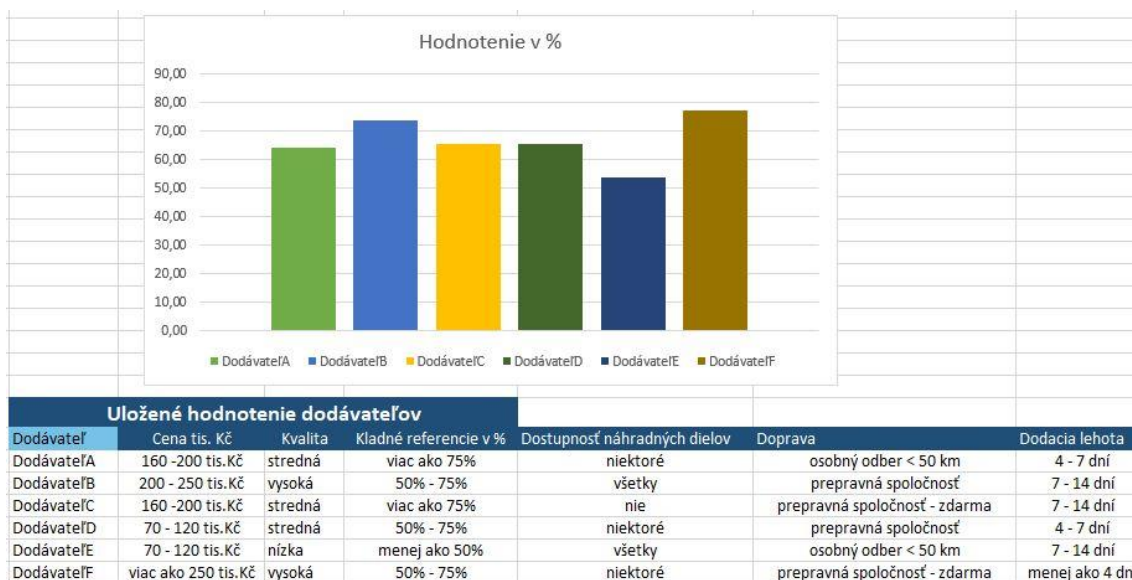
Po tom, ako sa dodávateľovi vypočítajú body, je nutné toto číslo vyjadriť v podobe slovného hodnotenia, ako veľmi vyhovuje alebo nevyhovuje požiadavkám. To je možné vďaka *Retransformačnej matici*, ktorá priradzuje percentuálny interval slovnému hodnoteniu. Podľa obrázku nižšie vidieť, že najmenší možný bodový výstup je 14, to spadá do intervalu 0%-30% a dodávateľ je vyhodnotený ako nevhodný. Naopak maximálne hodnotenie je 84, a to znamená interval 91%-100%, kedy dodávateľ je pre firmu vhodným dodávateľom. Okrem toho existuje interval 31%-60%, ktorý udáva hodnotenie dodávateľa ako skôr nevhodného. Posledným intervalom je 61%-90%, ktorého sem spadajúceho potencionálneho obchodného partnera by firma mala zvážiť, lebo je pre ňu skôr vyhovujúcim.

Retransformačná matica			Hodnotenie:	
1.	0%-30%	Nevhodný dodávateľ	57	
2.	31%-60%	Skôr nevhodný dodávateľ	67,86	%
3.	61%-80%	Skôr vhodný dodávateľ	Skôr vhodný dodávateľ	
4.	81%-100%	Vhodný dodávateľ!		

Obrázok 19: Retransformačná matica a Hodnotenie (Zdroj: Vlastná tvorba)

### 3.1.2 List\_historia

Ďalším listom nachádzajúcim sa v zošite je záložka nazvaná *List\_historia*. Má dôležitú funkciu archivácie a ukladania výsledkov jednotlivých nových či aktualizovaných dodávateľov. Preto sa užívateľ môže k výsledným hodnoteniam kedykoľvek vrátiť a nemusí vypisovať dodávateľa a kritéria nanovo. V prípade tvorby nového hodnotenia dodávateľa sa dopíše do tabuľky, nazvanej *Uložené hodnoty dodávateľov*. Ide o nový riadok s názvom dodávateľa, jemu priradenými kritériami, výslednou hodnotou výpočtu v bode formáte, v percentuálnom formáte, slovnom hodnotení a dátumu vyhodnotenia, aby užívateľ mal predstavu, či je hodnotenie daného dodávateľa aktuálne.



Obrázok 20: List\_historia 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba)

</

**Obrázok 21: List\_historia 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba)**

Po výpočte a vyhodnotení jednotlivých dodávateľov je nutné porovnanie na podporu rozhodnutia vo voľbe toho, ktorého eventuálne firma osloví spomedzi možných kandidátov. Vhodným a rýchlym spôsobom je graf a jeho stĺpcové zobrazenie bodových hodnotení, ktorý zobrazuje aktuálne výsledky výpočtov. Následne môže užívateľ pomocou tlačidla, s popisom Export PDF, uložiť dáta a graf z listu vo formáte .pdf na jeho pracovnú plochu.

### 3.1.3 List\_vypocet

Zatiaľ zmienené hárky zošitu sú podpornými listami na dosiahnutie cieľa, a to výpočtu hodnotení dodávateľov. Preto posledným predstaveným listom je *List\_vypocet*, ktorý je najdôležitejším, kvôli tomu, že je vstupom do procesu tvorby, editácie a odstránenia záznamov jednotlivých výpočtov hodnotení. V prípade, že užívateľ má povolené makrá, môže sa pomocou dvojkliku na tlačidlo *Vstup* dostať do hlavného formulára. Okno s názvom *Hodnotenie dodávateľov* má informatívny charakter a naviguje užívateľa do ďalších funkcií a formulárov pomocou svojich nástrojov.

Ako vidieť na obrázku nižšie, v záhlaví je umiestnené logo spoločnosti a aktuálny dátum. Dôležitou časťou je ComboBox, pomocou ktorého užívateľ je schopný vybrať konkrétného dodávateľa. Po jeho výbere sa doplnia ostatné informácie v TextBox oknách, ktoré program získava z listu *List\_historia*, tabuľky *Uložené hodnotenie dodávateľov*. Presne sú to: *Posledná aktualizácia*, *Cena v tis. Kč*, *Kvalita*, *Kladné referencie v %*, *Dostupnosť náhradných dielov*, *Doprava*, *Dodacia lehota*, *Predchádzajúca spolupráca*, *Tuzemský záručný servis*, *Reklamácia*, číselné hodnotenie, percentuálne hodnotenie a slovné hodnotenie. Hodnotou pre užívateľa okrem konkrétnych kritérií a hodnotenia je, že vidieť kedy sa hodnotenie vytvorilo a či ho



netreba aktualizovať. Na pravej strane formulára sú umiestnené tlačidlá, ktoré vykonávajú konkrétnu funkciu alebo otvoria nový formulár podľa ich názvu, preto ich užívateľ môže využiť intuitívne. Ide o pridanie nového dodávateľa, aktualizácia už vyhodnoteného dodávateľa, vymazanie záznamu o dodávateľovi, vypočítanie hodnotenia pripraveného dodávateľa a následne uložiť aktuálne vypočítaný výstup do tabuľky *Uložené hodnoty dodávateľov*.

Obrázok 22: Vstupný formulár (Zdroj: Vlastná tvorba)

### Nový dodávateľ

V prípade, že si užívateľ želá ďalší záznam o novom dodávateľovi, po vstupe do hlavného formulára a kliknutí na tlačidlo *Nový dodávateľ*, je presmerovaný na formulár s názvom *Nový dodávateľ*. Ako vidieť na obrázku nižšie, okná TextBox a ComboBox sú prázdne a čakajú na vyplnenie užívateľom. Nachádza sa tu tlačidlo *Uložiť*, ktoré vytvorí nový riadok záznamu. Umiestni skopírované hodnoty dané užívateľom do listu *List\_historia*.

Ak nastane situácia, že užívateľ niektoré z okien nevyplní, program zahlási chybu. Prípadne sa môže stať, že záznam o dodávateľovi už existuje. Vtedy vyskočí MsgBox s upozornením, pretože by došlo k redundancii. Tlačidlo s názvom *Vyčistiť* vymaže všetky hodnoty pre prípad, že by užívateľ chcel začať odznova. Posledné tlačidlo *Späť* má funkciu uzavretia formulára a vrátenia užívateľa do hlavného formulára *Hodnotenie užívateľov*.

Obrázok 23: formulár Nový dodávateľ (Zdroj: Vlastná tvorba)

### Aktualizácia dodávateľa

Na potrebu úpravy chybných kritérií dodávateľa alebo ich nutnú aktualizáciu sa nachádza v hlavnom formulári tlačidlo *Aktualizácia dodávateľa*. To ale znamená, že v hlavnom formulári užívateľ pomocou ComboBoxu vybral názov dodávateľa, ktorého kritéria hodlá editovať a zobrazí sa formulár *Editácia dodávateľa*. V tomto prípade je názov dodávateľa nemenný. Podobným spôsobom, ako pri procese zadávania nového

dodávateľa, sa v pravej časti nachádza tlačidlo *Uložiť*, ktoré overí kompletnosť a podľa názvu dodávateľa vyhľadá záznam v tabuľke v hárku *List\_historia*. Následne uloží vykonanú zmenu.

Aktualizácia dodávateľa

Názov dodávateľskej firmy: DodávateľA

Cena tis. Kč: 160 -200 tis.Kč

Kvalita: stredná

Kladné referencie %: viac ako 75%

Dostupnosť náhradných dielov: niektoré

Doprava: osobný odber < 50 km

Dodacia lehota: 4 - 7 dní

Predchádzajúca: menej ako 5 krát

Tuzemský záručný servis: áno

Reklamácia: 21 - 31 dní

Uložiť

Vyčistiť

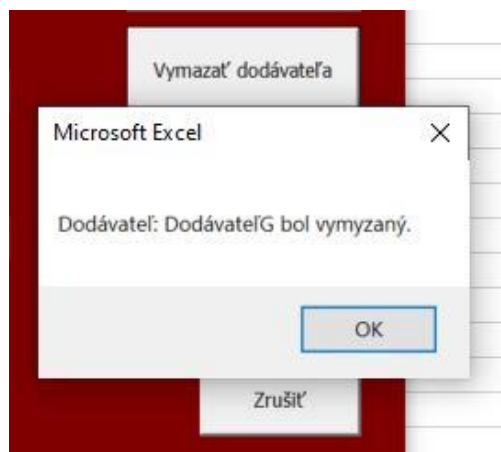
Späť

Pozn.: Uistite sa, že každé okno má vybranú jednu z možností

Obrázok 24: Aktualizácia dodávateľa (Zdroj: Vlastná tvorba)

## Odstránenie dodávateľa

Často sa stáva, že dodávateľ zanikne alebo spoločnosť nechce už s dodávateľom spolupracovať alebo z iného dôvodu chce užívateľ záznam o užívateľovi odstrániť. Na to slúži vo formulári *Hodnotenie dodávateľov*, tretie tlačidlo. Užívateľ v tomto formulári vyberie názov dodávateľskej firmy pomocou ComboBoxu a klikne na spomínané tlačidlo. Program sa uistí, či si tento krok užívateľ želá vykonať pomocou MsgBoxu a v prípade potvrdenia vymaže záznamový riadok vybraného dodávateľa z listu *List\_historia*, tabuľky *Uložené ohodnotenie dodávateľov*.



Obrázok 25: Odstránenie dodávateľa (Zdroj: Vlastná tvorba)

## Výpočet hodnotenia

Program počíta bodové, percentuálne a slovné hodnotenie dodávateľa potom, ako sa pridal nový dodávateľ, aktualizoval sa už známy dodávateľ alebo ide o požiadavku prepočítania výsledkov z archívu. Postupom pre užívateľa je vstup to formulára *Hodnotenie dodávateľov*, výber, ktorému dodávateľovi má program vypočítať hodnotenie pomocou ComboBoxu a stlačiť tlačidlo *Výpočet*.

```
Private Sub CommandButton3_Click()
    Dim Cell As Range
    Dim find_row As Integer
    Dim i As Integer
    Dim Found As Range

    If ComboBox1.Value = "" Then
        MsgBox ("Nie je vybraný dodávateľ, ktorému by sa hodnotenie počítalo.")
        Exit Sub
    End If

    ' vynulovanie stavovej matice
    For Each Cell In ThisWorkbook.Worksheets("List_matice").Range("C40:K45")
        If Cell.Value <> "" Then
            Cell.Value = 0
        Else: Cell.Value = ""
        End If
    Next

    ' dosadenie lčiek do stavovej matice
    With Worksheets("List_matice")
        For i = 2 To 10
            Set Found = .Columns(i + 1).Find(what:=Me.Controls("TextBox" & i).Text, _
                LookIn:=xlValues, lookat:=xlWhole)
            .Cells(Found.Row, Found.Column).Offset(35, 0).Value = 1
        Next
    End With
End Sub
```

Obrázok 26: Program po kliknutí na tlačidlo Výpočet 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba)

V prvom kroku sa *Stavová matica* v liste *List\_matice* vyčistí na samé 0. Potom sa vloží číslo 1 do buniek, ktoré odpovedajú konkrétnym kritériám daného dodávateľa.

```
' výpočet hodnotenia (skalárny súčin, % a slovné hodnotenie)
Dim ws As Worksheet

Set ws = Worksheets("List_matice")
ws.Range("G49") = Application.WorksheetFunction.SumProduct(ws.Range("C15:K20"), ws.Range("C40:K45"))

With Worksheets("List_matice")
    .Range("G50").NumberFormat = "00.00"
    .Range("G50").Value = .Range("G49").Value / .Range("M23").Value * 100

    If .Range("G50").Value <= 30 Then
        .Range("G51").Value = .Range("D49").Value
    ElseIf .Range("G50").Value <= 60 Then
        .Range("G51").Value = .Range("D50").Value
    ElseIf .Range("G50").Value <= 80 Then
        .Range("G51").Value = .Range("D51").Value
    Else: .Range("G51").Value = .Range("D52").Value
    End If

' zobrazenie výsledkov
    TextBox12.Value = .Cells(49, 7).Value
    TextBox13.Value = Round(.Cells(50, 7).Value, 2)
    TextBox14.Value = .Cells(51, 7).Value
End With

MsgBox ("Hodnotenie vypočítané.")
MsgBox ("Pre uloženie výsledkov stlačte tlačidlo Uložiť.")
End Sub
```

Obrázok 27: Program po kliknutí na tlačidlo Výpočet 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba)

Následne, ako vidieť na obrázku, sa vypočíta tabuľka s názvom *Hodnotenie* v hárku *List\_matice*, ako skalárny súčin. Toto hodnotenie sa hneď zobrazí aj užívateľovi vo formulári, ktoré sa eventuálne podľa želania uloží pomocou tlačidla *Uložiť*.



Obrázok 28: Výstup výpočtu (Zdroj: Vlastná tvorba)

### 3.2 MATLAB – návrh riešenia

Vlastná tvorba pokračuje v ďalšom prostredí, a to programe MATLAB verzii R2020a s doplnkom Fuzzy Logic Toolbox, ktorý poskytuje vhodné nástroje pre zhotovenie modelu na rozhodovanie o potencionálnom dodávateľovi PLC. Funkcionalita, princíp a kritériá sú obdobné ako v modeli v MS Exceli. Výhodou je neskoršie porovnanie výstupov systémov z oboch spomenutých prostredí. Nižšie je v tejto časti obsiahnutý

samotný návrh modelu, ktorý zahrňuje tvorbu súborov .fis pomocou grafického rozšírenia a súboru .m pomocou okna Command Window. Ďalej nadväzuje časť popisujúca prácu v doplnku App Design pre tvorbu aplikácie, ako grafického užívateľského prostredia s ovládacími prvkami. Súčasťou je tiež súhrn poznatkov o výstupe namodelovaného systému.

### **3.2.1 Hodnotenie v rozhodovacom modeli**

V MATLABe sa výstup nehodnotí v percentách, ale pomocou nadobudnutia príslušnosti k fuzzy množine. Jednotlivo každý zo subsystémov nadobúda po výpočte jednu z hodnôt v intervale [1 4]:

- Nevhodné
- Skôr nevhodné
- Skôr vhodné
- Vhodné

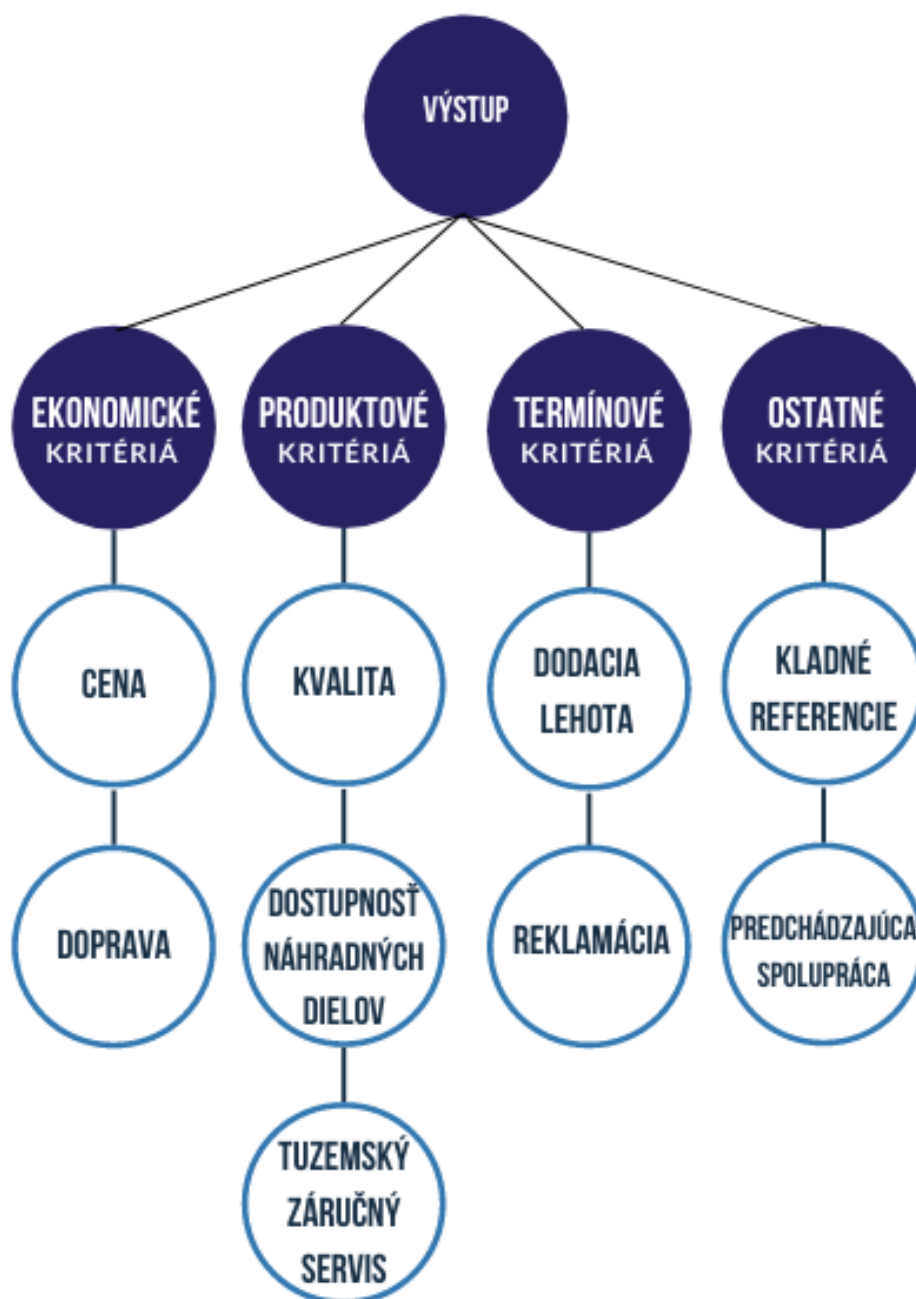
Nejedná sa o konečné hodnotenie, ale o vstupy pre záverečnú časť modelu *Výstup*, ktorého výpočtom sa získava hodnotenie daného dodávateľa kvalitatívneho charakteru, ktoré vyplývajúca z defuzzifikácie. Konkrétne ide o jedno z uvedených:

- Nevhodný dodávateľ
- Skôr nevhodný dodávateľ
- Skôr vhodný dodávateľ
- Vhodný dodávateľ

### **3.2.2 Vstupy rozhodovacieho modelu**

Stanovených je 9 vstupov, a vzhľadom k predpokladanému obširnému rozsahu všetkých pravidiel je vhodné kritériá, ktoré boli dané zadávateľom, rozdeliť do menších logických skupín, a to 4 subsystémov. Okrem zjednodušenia zadávania pravidiel je po spustení programu výhodné pracovať so značne menším počtom riadkov. Konkrétne delenie kritérií je nasledovné:

- Ekonomické kritériá – Cena v tis. Kč, Doprava
- Produktové kritériá – Kvalita, Dostupnosť náhradných dielov, Tuzemský záručný servis
- Termínové kritériá – Dodacia lehota, Reklamácia
- Ostatné kritériá – Kladné referencie, Predchádzajúca spolupráca



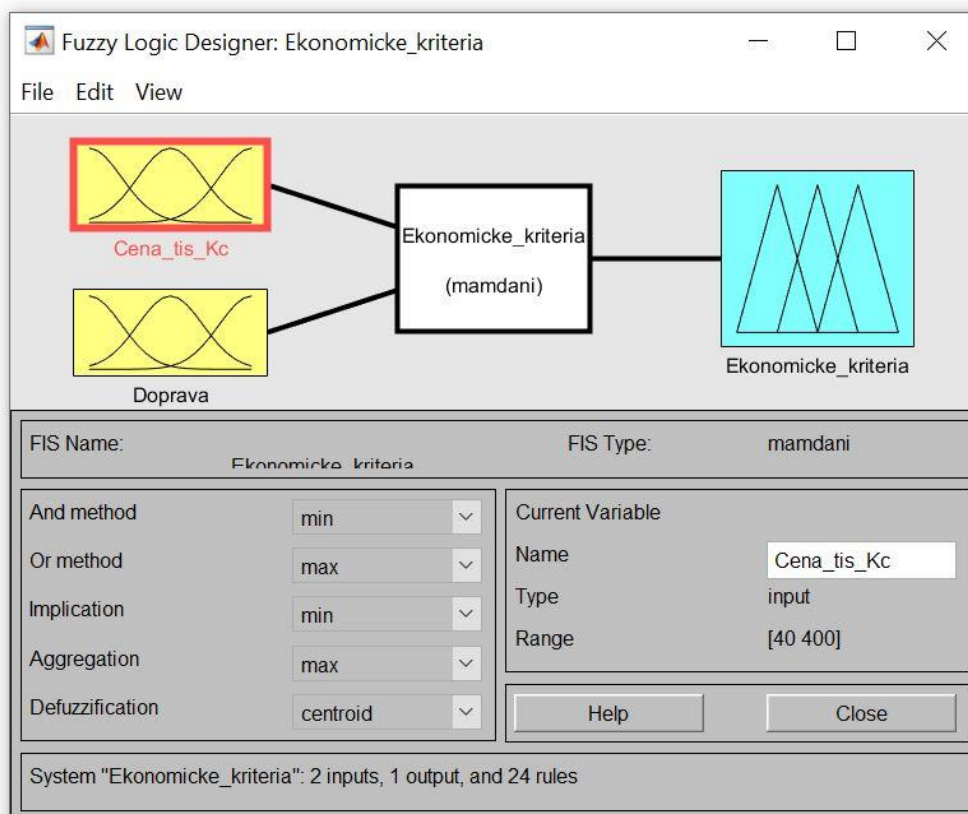
Obrázok 29: Subsystemy modelu (Zdroj: Vlastná tvorba)



Po úprave delenia na subsystémy dochádza k redukcii na konečné číslo počtu pravidiel celého modelu, a to na 333 podmienkových pravidiel. Bližšie sú subsystémy opísané v kapitole Fuzzy Logic Designer a Membership function Editor a dané pravidlá v kapitole Rule Editor.

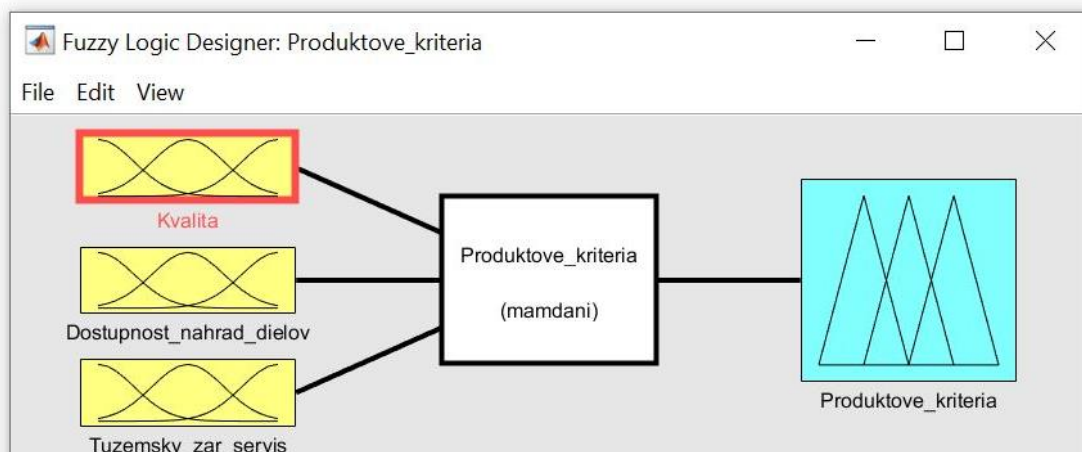
### 3.2.3 Fuzzy Logic Designer

Na základe štruktúrneho rozdelenia je možné vytvoriť súbory FIS. Tie sa tvoria v editore Fuzzy Logic Designer po zadaní príkazu fuzzyLogicDesigner do Command Window, a konkrétne ide o 4 súbory .fis, subsystémy s kritériami. Sú to *Ekonomicke\_kriteria*, *Produktove\_kriteria*, *Termínove\_kriteria* a *Ostatne\_kriteria*. Je nutná tvorba vstupných premenných, úprava počtu aj tvaru funkcií príslušnosti a rovnako výstupných premenných. Typ súboru FIS sa ponecháva predvolený Mamdani. Následne je vytvorený posledný súbor, do ktorého vstupujú výstupy subsystémov, a nesie názov *Výstup*. Znázornenie vidieť na obrázkoch nižšie.

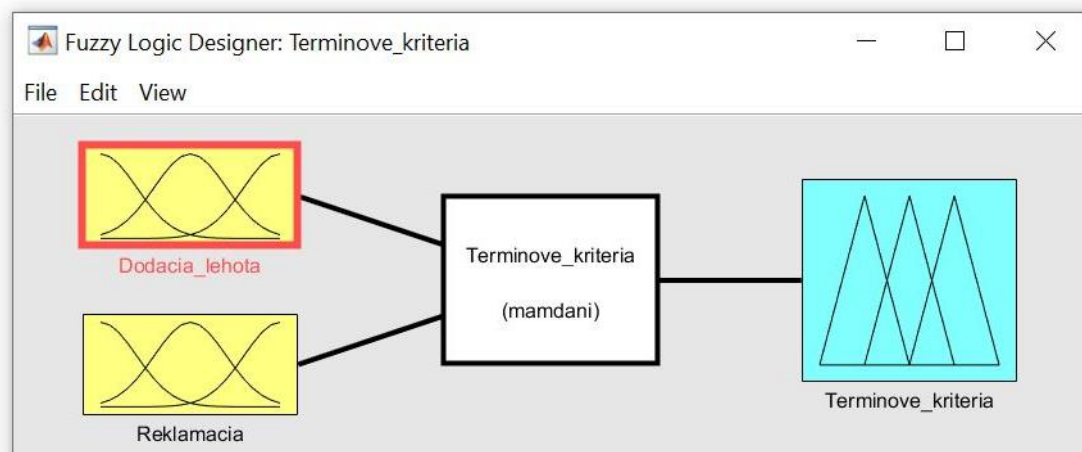


Obrázok 30: Fuzzy Logic Designer – Ekonomické kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba)

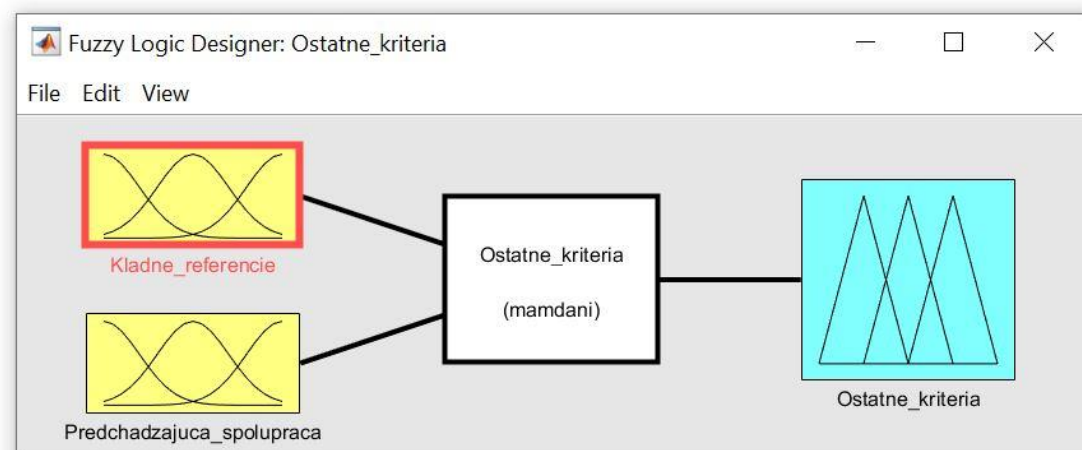




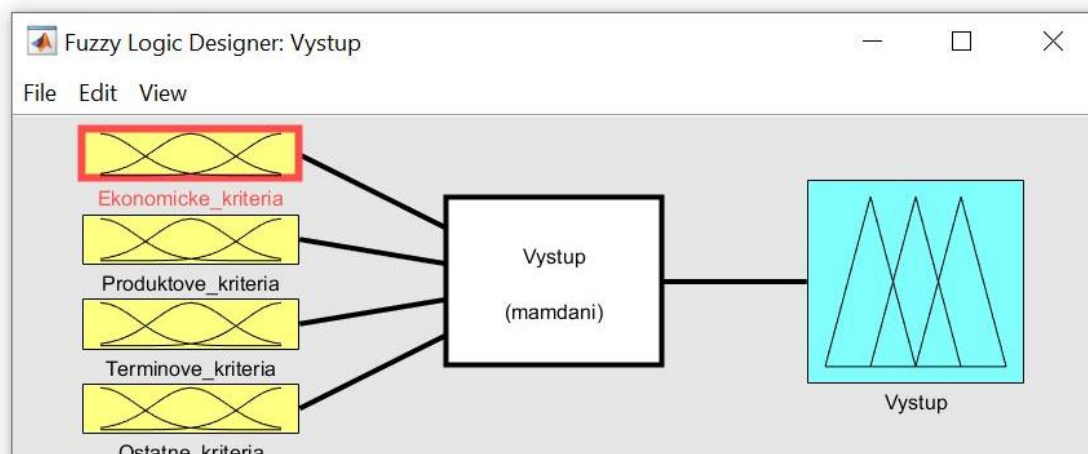
**Obrázok 31 :Fuzzy Logic Designer – Produktové kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba)**



**Obrázok 32: Fuzzy Logic Designer – Termínové kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba)**



**Obrázok 33: Fuzzy Logic Designer – Ostatné kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba)**



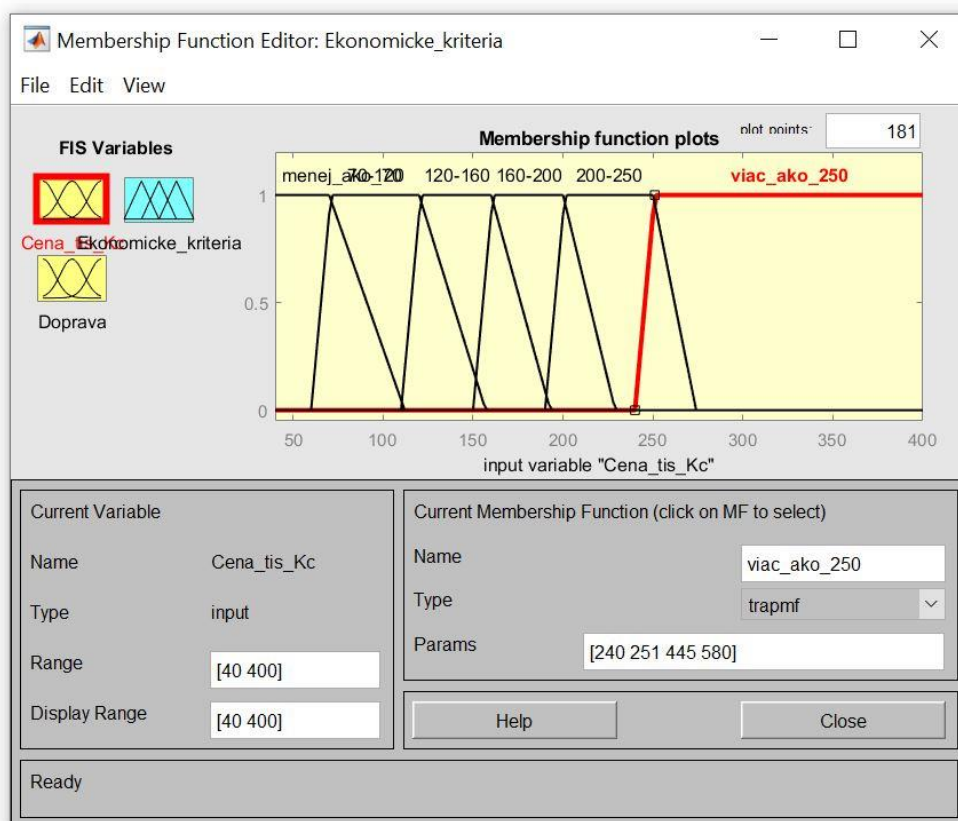
Obrázok 34: Fuzzy Logic Designer – Výstup (Zdroj: Vlastná tvorba)

### 3.2.4 Membership function Editor

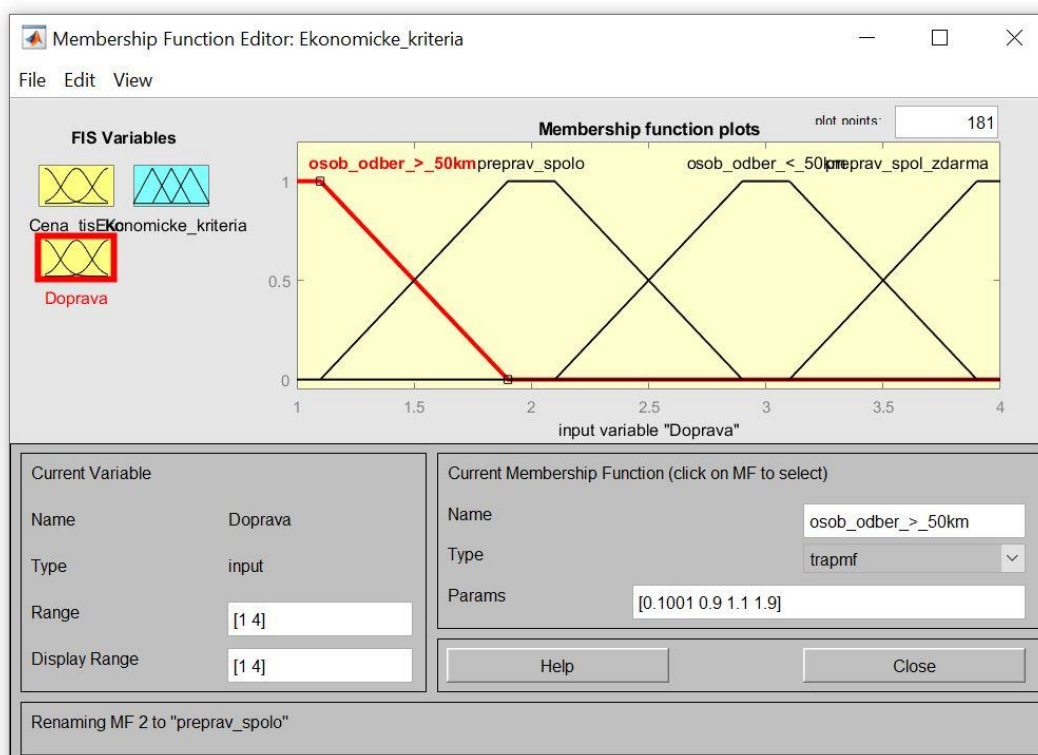
Po vytvorení súborov, pridaní a pomenovaní ich vstupných a výstupných premenných sa každej premennej nastavujú funkcie príslušnosti. Po dvojkliku na danú ikonu premennej sa otvorí Membership funkcion Editor. Schémou pre definovanie počtu MF funkcií, ich rozsahu, názvy a parametre je *Transformačná matica* v MS Exceli. Za najvhodnejší typ pre všetky funkcie príslušnosti sa pripustil *trampf*.

Vybraným súborom pre detailnejší popis je *ekonomicke\_kriteria.fis*, ostatné sú zostavené obdobným spôsobom. Na obrázku 35 vidieť kritérium *Cena\_v\_tis\_Kc*, ktoré je zároveň vstupom do subsystému, kde je nastavených šesť funkcií príslušnosti. *Menej\_ako\_70*, *70-120*, *120-160*, *160-200*, *200-250* a *viac\_ako\_250*. Ich tvary sa líšia, buď  $Z$ ,  $\pi$  alebo  $S$ . Rozsah vstupu je  $[40\ 400]$  podľa možných hodnôt, ktoré môže nadobúdať. Ďalším kritériom subsystému je *Doprava*, ako vidieť na obrázku 36 nižšie, je rozsah vstupu  $[1\ 4]$ . Počet funkcií príslušnosti je štyri, rovnako ako počet atribútov, a sú to *osob\_odber\_>\_50km*, *preprav\_spol*, *osob\_odber\_>\_50km* a *preprav\_spol\_zdarma*.

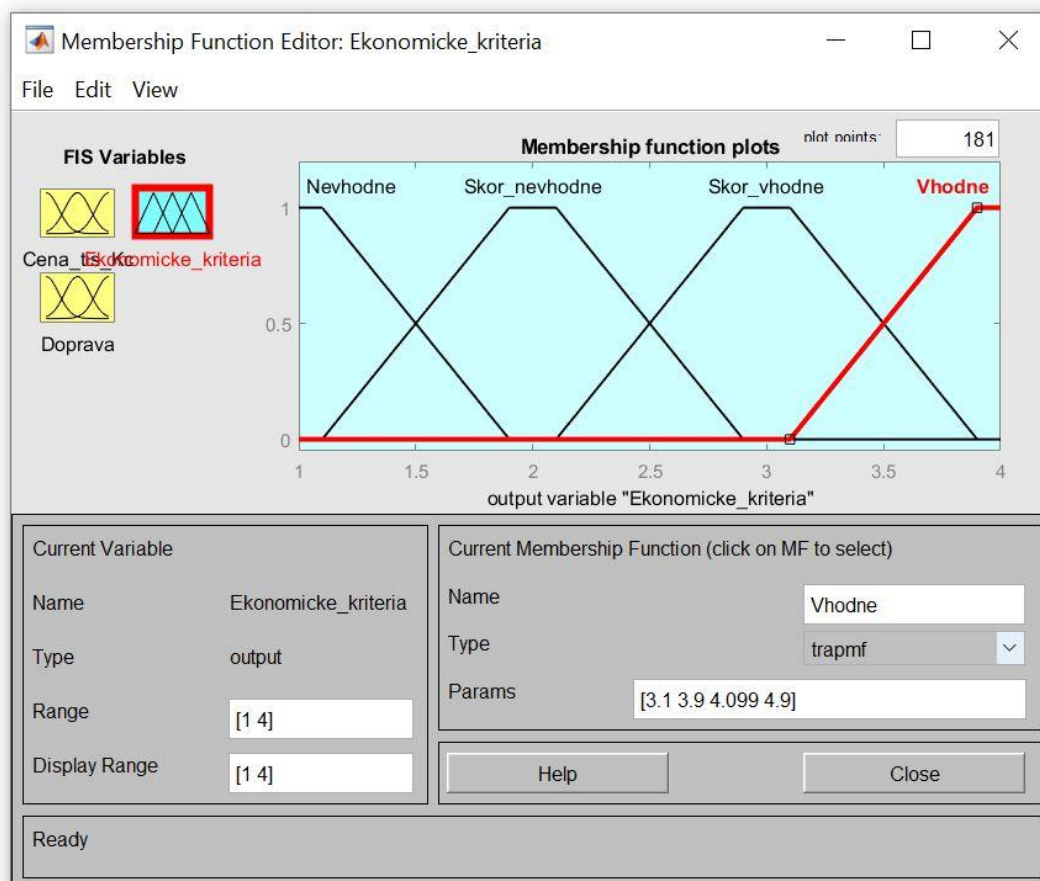
Dvojklikom na modrú ikonu výstupu, s názvom *Ekonomicke\_kriteria*, vidieť obrázok 37. Rozsah  $[1\ 4]$  zahrňuje štyri funkcie príslušnosti s vyplývajúcimi názvami *Nevhodne*, *Skor\_nevhodne*, *Skor\_vhodne* a *Vhodne*. Všetky súbory subsystémov majú rovnaké nastavenie výstupnej premennej, ktoré následne spoločne majú funkciu vstupov pre posledný blok, súbor *Vystup.fis*.



Obrázok 35: Ekonomické kritériá – Cena (Zdroj: Vlastná tvorba)



Obrázok 36: Ekonomické kritériá - Doprava (Zdroj: Vlastná tvorba)



Obrázok 37: Ekonomické kritériá – Výstup (Zdroj: Vlastná tvorba)

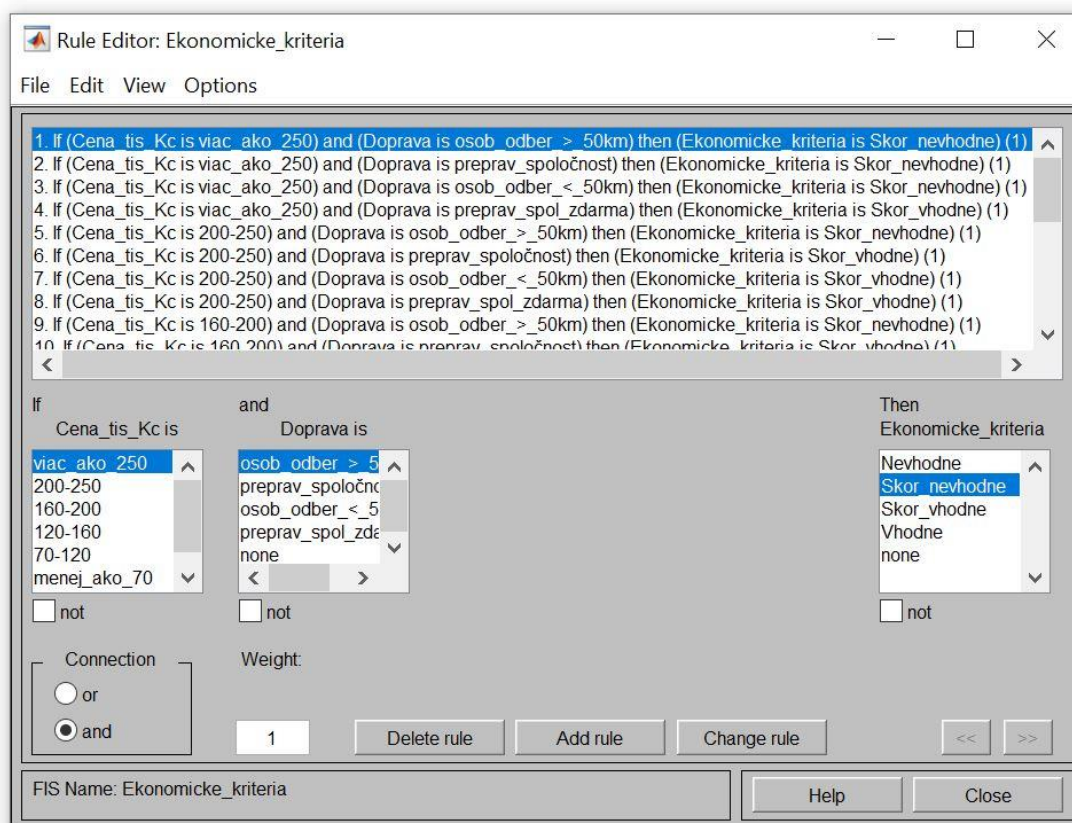
### 3.2.5 Rule Editor

Ďalšou podstatnou súčasťou tvorby je stanovenie pravidiel každému zo súborov pre definovanie, ako sa bude správať celý systém. Na základe toho je možné získať výsledné hodnotenie. Ako už bolo spomínané, systém bol rozdelený na subsystemy pre redukciu počtu potrebných pravidiel. Tvorba pozostáva z vyjadrenia vyplývajúcich vzťahov medzi vstupmi a výstupmi vo všetkých možných variantoch. Konečný počet pravidiel sa počíta nasledovne:

Subsystem *Ekonomické kritériá* obsahuje dve vstupne premenné. *Cena* pozostáva z piatich funkcií príslušnosti a *Doprava* zo štyroch funkcií príslušnosti. Na základe kombinatorického pravidla súčinu je možné zistiť exaktný počet pravidiel tohto, ale aj ostatných zo subsystemov. Vyplývajúce výstupy z kritérií *Nevhodne*, *Skor\_nevhodne*, *Skor\_vhodne* a *Vhodne*, sú vstupmi do bloku *Výstup*.

- Ekonomické kritériá:  $6 \times 4 = 24$  pravidiel
- Produktové kritériá:  $3 \times 3 \times 2 = 18$  pravidiel
- Termínové kritériá:  $4 \times 5 = 20$  pravidiel
- Ostatné kritériá:  $3 \times 5 = 15$  pravidiel
- Výstup:  $4 \times 4 \times 4 \times 4 = 256$  pravidiel

V prípade rozhodnutia o tvorbe pravidiel bez rozdelenia modelu na menšie celky, išlo by konkrétne o  $6 \times 4 \times 3 \times 3 \times 2 \times 4 \times 5 \times 3 \times 5 = 129600$  pravidiel. To by malo dopad na čas tvorby modelu, pravdepodobnosť výskytu chybných pravidiel a samotného výpočtového zaťaženia.



**Obrázok 38: Ekonomické kritériá - Rule Editor** (Zdroj: Vlastná tvorba)

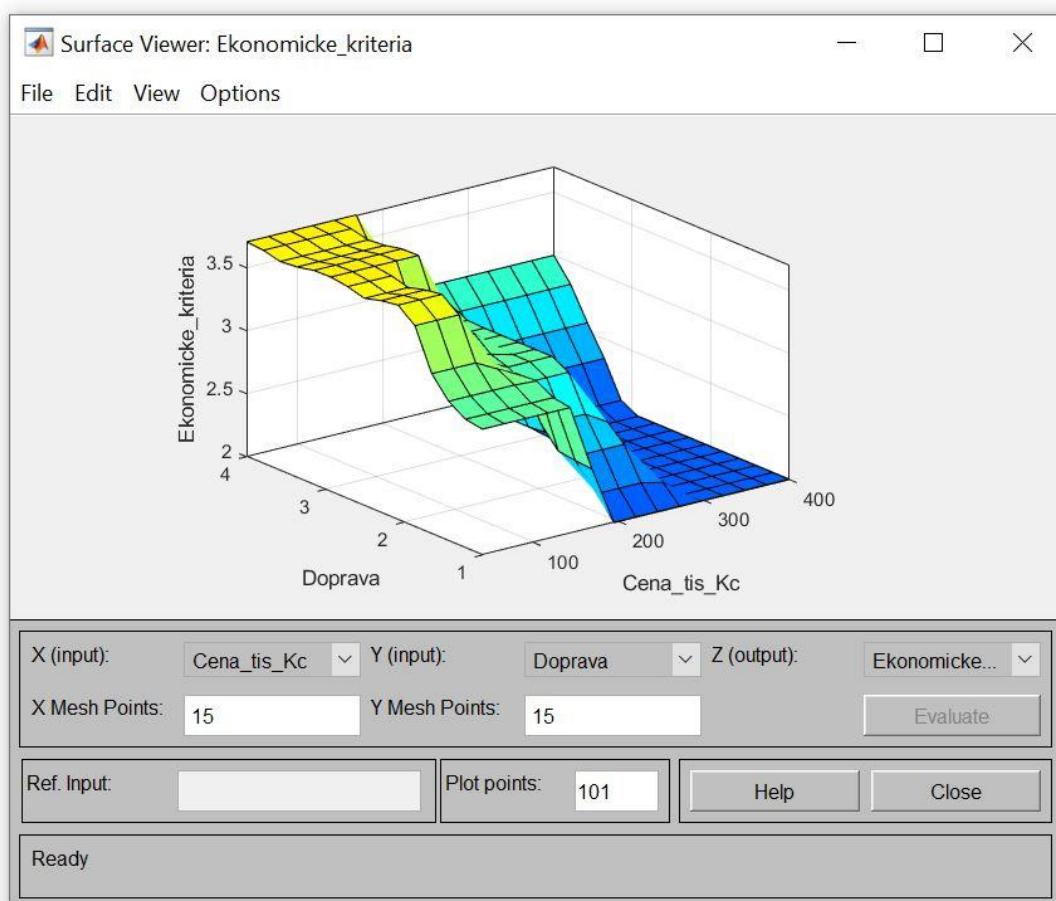
Pre interpretáciu je využitý náhľad na Rule Editor z rovnakého súboru, *ekonomicke\_kriteria.fis*, ktorý je na obrázku vyššie. Zobrazuje sa po dvojkliku na bielu ikonu *Ekonomicke\_kriteria* (mamdani) alebo cez výber Edit a Rules vo Fuzzy Logic Editore. Zvolená väzba medzi kritériami je and a pomocou tlačidiel bolo vytvorených daných dvadsaťštyri pravidiel. V prvom riadku vidieť prípad pre cenovú ponuku



dodávateľom PLC, ak je väčšia ako 250 000 Kč a zároveň doprava je nutná vo variante osobného odberu nad 50 km, tak výstupom subsystému je hodnota, ako skôr nevhodné.

## Surface Viewer

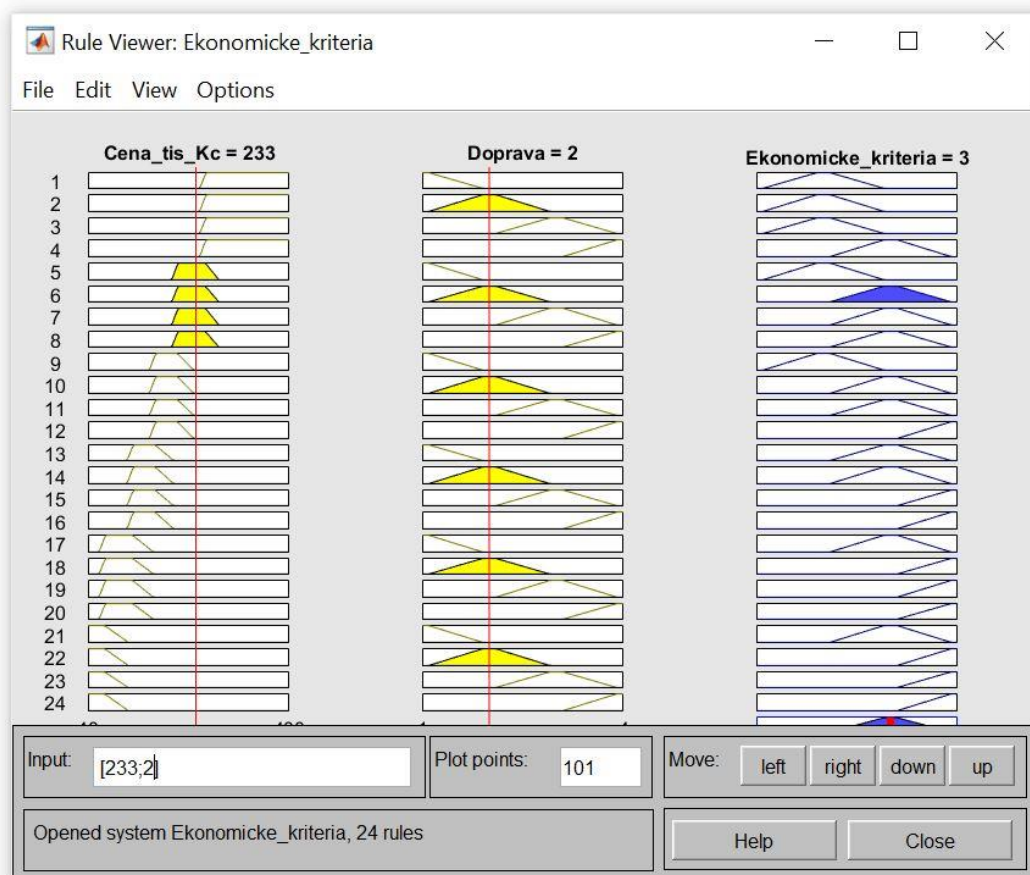
Pre zosumarizované grafické zobrazenie vzťahov medzi premennými je vhodný Surface Viewer, ktorý sa zobrazí pomocou výberu možnosti View a Surface vo Fuzzy Designer Editore. Obrázok nižšie je zobrazením vzťahov, rovnako ako predchádzajúce časti, subsystému *Ekonomické kritériá*. Na osi X je nanesená vstupná premenná *Cena*, na osi Y *Doprava* a na osi Z výstupná premenná *Ekonomicke\_kriteria*. V prípade vysokej ceny a nákladnej dopravy, osobného odberu nad 50km, je výstup zobrazený nízko, v pravom rohu a modrých farbách, ako skôr nevhodný. Naopak nízka cena a doprava zdarma je vykreslená v ľavom rohu a žltých farbách, ako vysoký a výhodný výstup tohto subsystému.



Obrázok 39: Ekonomické kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba)

## Rule Viewer

Pre analýzu a odlišný pohľad grafického zobrazenia vzťahov medzi premennými slúži Rule Viewer. Otvára sa pomocou výberu možnosti View a Rules vo Fuzzy Designer Editore. Taktiež ide o dáta zo subsystému *Ekonomické kritéria*, ktoré vidieť na obrázku nižšie. Prvý stĺpec reprezentuje kritérium *Cena*, druhý *Doprava* a posledný stĺpec výstupnú premennú *Ekonomické\_kritéria*. Zmeniť hodnoty vstupných premenných je možné pomocou zvislého červeného kurzora, následne sa výstupná hodnota automaticky upraví. Z tohto obrázku vyplýva ponúknutá cena 233 000 Kč, doprava v podobe prepravnej spoločnosti na náklady firmy a z toho vyplývajúca hodnota, ako skôr vhodné.



Obrázok 40: Rule Viewer (Zdroj: Vlastná tvorba)

### 3.2.6 Tvorba M-súboru

Tvorba M-súboru *model.m* znamená časť, ktorá už je významná pre koncového užívateľa, pretože ide o vyhodnotenie modelu a bude s ním v interakcii. Ide o jednoduché

užívateľské rozhranie v prostredí MATLAB. Po spustení, zadaním názvu súboru *model* v Command Window alebo otvorením súboru a následným kliknutím na tlačidlo Run, sa program užívateľa dotazuje jednotlivu na kritériá dodávateľa a následne pomocou už vytvorených *.fis* súborov je schopný užívateľovi zobrazit' slovný výsledok.

Rýchlejšim spôsobom by bol jednoriadkový dotaz na input všetkých kritérií naraz od užívateľa. Nedostatkami sú ale neprehľadnosť, jednoduchosť vzniku preklepov, nepresností, a tým nezaručená korektnosť výsledného hodnotenia. Pri výzve chyby by nebolo možné určiť, ktorá hodnota je chybná alebo mimo požadované hodnoty. Z tohto dôvodu je každé kritérium v jednotlivých subsystemoch dotazované samostatne a ošetrené kontrolou pre integritu dát.

```

1 - clear
2 - close all
3 - clc
4
5 - Ekon=readfis('Ekonomicke_kriteria.fis');
6 - Prod=readfis('Produktove_kriteria.fis');
7 - Term=readfis('Terminove_kriteria.fis');
8 - Ostat=readfis('Ostatne_kriteria.fis');
9 - Vystup=readfis('Vystup.fis');
10
11 %Názov dodávateľa
12 - nazov = input('Nazov dodavateľa: ', 's');
13
14 %Ekonomicke_kriteria
15 - while true
16 -   Cena=input('Zadajte cenu v tis. Kc. V rozmedzi: 40 - 400: ');
17 -   if (Cena>=40 && Cena<=400)
18 -     break
19 -   else
20 -     fprintf('Hodnota je nespravna! Skuste znovu. ')
21 -   end
22 - end
23
24 - while true
25 -   Doprava=input(['Zadajte dopravu. 1-osobny odber>50 km, 2-prepravna spolocnost,...
26 -                 '\n3-osobny odber<50 km, 4-prepravna spolocnost zdarma: ']);
27 -   if Doprava == 1 || Doprava == 2 || Doprava ==3 || Doprava ==4
28 -     break
29 -   else
30 -     fprintf('Hodnota je nespravna! Skuste znovu. ')
31 -   end
32 - end
33 - vystup_ekonomicke = evalfis(Ekon,[Cena, Doprava]);

```

**Obrázok 41: Ukážka kódu - vstupy** (Zdroj: Vlastná tvorba)

Ako vidieť na obrázku vyššie, po odstránení všetkých premenných a funkcií sa do príslušných premenných subsystemov načítavajú všetky vytvorené *.fis* súbory. Následne sa od užívateľa požaduje názov dodávateľa, ktorý sa využije pri exporte do textového



súboru. Ďalej je kód rozdelený do blokov, prvým a ukázkovým je blok *Ekonomické kritériá*. Riadok číslo 11 až 18 sa venuje iba kritériu *Cena*, kde sa zobrazí zadanie užívateľovi a očakáva sa od neho hodnota v jednotkách tis. Kč z daného intervalu 40 až 400. Nasleduje overenie a v prípade nezhody sa vypíše hláška „Hodnota je nesprávna! Skúste znovu.“, a program čaká na opätovné zadanie užívateľom. Až po vstupe, ktorý prešiel validáciou sa pokračuje na kritérium *Doprava*. Toto kritérium vyžaduje výber z predložených možností, z ktorých užívateľ vyberie správne slovné vyjadrenie kritéria s odpovedajúcou číselnou hodnotu 1,2,3 alebo 4, ktorú zadáním vráti. Samozrejme súčasťou cyklu je validácia. Následne je možné do premennej uložiť vstupy zadané užívateľom, pomocou funkcie *evalfis*, pre ďalší proces a pokračovanie obdobným spôsobom s ostatnými blokmi kritérií.

```

107 %Vyhodnotenie
108 - vyhodnotenie=evalfis(Vystup,[vystup_ekonomicke, vystup_produktove,...
109                               vystup_terminove, vystup_ostatne]);
110 - disp(' ');
111 - if vyhodnotenie > 80
112     vyhodnotenie_slovne = 'Hodnotenie: Vhodny dodavatel';
113 - elseif vyhodnotenie > 60
114     vyhodnotenie_slovne = 'Hodnotenie: Skor vhodny dodavatel';
115 - elseif vyhodnotenie > 30
116     vyhodnotenie_slovne = 'Hodnotenie: Skor nevhodny dodavatel';
117 - else
118     vyhodnotenie_slovne = 'Hodnotenie: Nevhodny dodavatel';
119 - end
120
121 - zobrazit_vyhodnotenie = [vyhodnotenie_slovne, ', ', num2str(vyhodnotenie)];
122
123 - disp(zobrazit_vyhodnotenie)
124 - zobrazit_subsystemyEP = ['Ekonomicke kriteria: ', num2str(vystup_ekonomicke), ...
125                             ', Produktove kriteria: ', num2str(vystup_produktove)];
126 - disp(zobrazit_subsystemyEP)
127 - zobrazit_subsystemyTO = ['Terminove kriteria: ', num2str(vystup_terminove), ...
128                             ', Ostatne kriteria: ', num2str(vystup_ostatne)];
129 - disp(zobrazit_subsystemyTO)

```

**Obrázok 42:**Ukážka kódu - *vyhodnotenie* (Zdroj: Vlastná tvorba)

V tejto časti sa využívajú vytvorené subsystemy kritérií *.fis* a ich medzivýpočty. Hodnoty týchto medzivýpočtov sa stanú, znovu pomocou funkcie *evalfis*, vstupmi do posledného subsystemu s názvom *Výstup*. Následne, ako vidieť na obrázku vyššie, je v premennej s názvom *vyhodnotenie* uložená hodnota, ktorá je kľúčová pre získanie rozhodnutia. Transformáciu číselnej hodnoty na lingvistickú formu hodnotenia, teda retransformáciu matice, zabezpečuje cyklus *if-elseif-else*.

## Užívateľské prostredie M-súboru

Na obrázku nižšie sa nachádza ukážka interakcie užívateľa s *model.m*, ktorý sa vyvolal v okne Command Button pomocou názvu súboru. V druhom riadku sa pre ukážku chybovej hlášky zámerné zadala *Cena*, prvé kritérium, mimo požadovaný interval. Program vyzval k oprave a pokračoval ďalším kritériom. Na poslednom riadku v obrázku vidieť hodnotenie, a to Skôr vhodný dodávateľ, 68,45.

```
Command Window
Nazov dodavateľa: DodavateľA
Zadajte cenu v tis. Kc. V rozmedzi: 40 - 400: 10
Hodnota je nesprávna! Skuste znovu. Zadajte cenu v tis. Kc. V rozmedzi: 40 - 400: 180
Zadajte dopravu. 1-osobný odber>50 km, 2-prepravná spoločnosť,
3-osobný odber<50 km, 4-prepravná spoločnosť zdarma: 3
Zadajte kvalitu. 1-nízka, 2-stredná, 3-vysoká: 2
Zadajte dostupnosť náhradných dielov. 1-nie, 2-niektoré, 3-všetky: 2
Zadajte tuzemský záručný servis. 1-nie, 2-ano: 2
Zadajte dodáciu lehotu. 1-viac ako 14 dní, 2-7 až 14 dní,
3-4 až 7 dní, 4-menej ako 4 dni: 3
Zadajte reklamáciu. 1-viac ako 31 dní, 2-21 až 31 dní,
3-14 až 21 dní, 4-7 až 14 dní, 5-menej ako 7 dní: 2
Zadajte kladné referencie. 1-menej ako 50%, 2-50% - 75%, 3-viac ako 75%: 3
Zadajte predchádzajúcu spoluprácu. 1-nie, 2-menej ako 5 krát,
3-5 až 10 krát, 4-10 až 20 krát, 5-viac ako 20 krát: 2

Hodnotenie: Skôr vhodný dodávateľ, 68.45
Ekonomické kritéria: 3.0837, Produktové kritéria: 3
Termínové kritéria: 3, Ostatné kritéria: 3
```

Obrázok 43: Užívateľské prostredie M-súboru (Zdroj: Vlastná tvorba)

```
DodavateľA.txt x +
1 Nazov dodavateľa: DodavateľA
2
3 Cena: 180
4 Doprava: 3
5 Kvalita: 2
6 Dostupnosť náhradných dielov: 2
7 Tuzemský záručný servis: 2
8 Dodacia lehota: 3
9 Reklamácia: 2
10 Kladné referencie: 3
11 Predchádzajúca spolupráca: 2
12
13 Ekonomické kritéria: 3.08
14 Produktové kritéria: 3.00
15 Termínové kritéria: 3.00
16 Ostatné kritéria: 3.00
17
18 Hodnotenie: 68.45
19 Hodnotenie: Skôr vhodný dodávateľ
```

Obrázok 44: Export M-súboru (Zdroj: Vlastná tvorba)

Pre archiváciu a možnosť vrátiť sa v budúcnosti k zadaným kritériám daného dodávateľa, hodnotám medzivýpočtov a hlavne k celkovému hodnoteniu dodávateľa sa automaticky

výstupy exportujú do textového súboru. Názov súboru *.txt* sa získava z názvu dodávateľa, ako vidieť na obrázku vyššie v prvom riadku, a ten je uložený do rovnakej zložky v zariadení, kde sa nachádza aj samotný súbor *model.m*.

### 3.2.7 Grafické rozhranie App Designer

Využitie programu MATLAB pokračuje pomocou tvorby formulára v nástroji a grafickom rozhraní App Designer. Jeho výsledkom je súbor *model\_app.mlapp*, ktorý splňuje podmienku prehľadnosti, efektivity a dizajnu omnoho lepšie, ako M-súbor. Dané užívateľské prostredie poskytuje intuitívnu prácu vďaka jeho grafickej stránke. Je tu dostupný zoznamu ovládacích prvkov, ktoré sa pomocou potiahnutia myši vyberú, umiestnia do formulára a formátujú. Po prepnutí do časti kódu je následne možné pomocou programovania zaistiť funkčnú stránku formulára.

**Hodnotenie dodávateľa**

**Názov dodávateľa:** DodavateľA

**Cena tis. Kč** 180 **Kvalita** stredná

**Kladné referencie %** viac ako 75% **Dostupnosť náhradných dielov** niektoré

**Doprava** osobný odber < 50 km **Dodacia lehota** 4 - 7 dní

**Predchádzajúca spolupráca** menej ako 5 krát **Tuzemský záručný servis** áno

**Reklamácia** 21 - 31 dní

**Ekonomické kritériá:** 3.08 **Produktové kritériá:** 3 **Termínové kritériá:** 3 **Ostatné kritériá:** 3

**Hodnotenie:** 68.45 Skôr vhodný dodávateľ

Reset Výpočet Uložiť

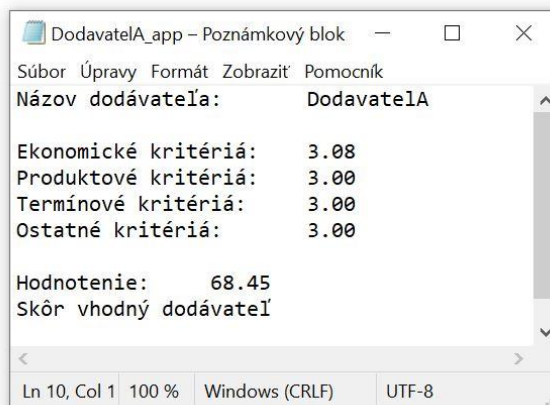
Obrázok 45: MATLAB App formulár (Zdroj: Vlastná tvorba)

Aplikáciu je možné spustiť otvorením daného súboru, *model.mlapp*, ktorá užívateľovi zobrazí interaktívny formulár s názvom *Hodnotenie dodávateľa*. Ako vidieť na obrázku vyššie, v hornej časti okna sa nachádza okno Edit Field pre zadanie názvu dodávateľa. V strednej, a zároveň hlavnej časti formulára sa nachádza deväť kritérií. *Cena* sa ako jediná zadáva ručne do poľa určeného pre vstup čísel, a to Edit Field (numeric). Zvyšok kritérií sa volí pomocou rolovacieho zoznamu Drop Down, obdobne ako vo formulári v MS Exceli, ktoré sú naplnené hodnotami kritérií a čakajú na voľbu užívateľa.

Spodná časť formulára sa venuje samotnému zobrazeniu výsledkov hodnotenia dodávateľa. Po stlačení tlačidla s názvom *Výpočet* sa vyplnia hodnoty výstupu subsystémov kritérií, ktoré sa nachádzajú vľavo. Tieto výsledky sa taktiež zobrazia v grafe pre rýchle porovnanie, ktoré kritériá dodávateľa sú silné a ktoré naopak zaostávajú. Zároveň v pravom dolnom rohu je číselne a slovne zobrazené celkové hodnotenie fuzzy modelu. Pre nastavenie formulára do pôvodných hodnôt je možné použiť tlačidlo *Reset*. Naopak pre uloženie výsledkov daného hodnotenia dodávateľa je potrebné kliknúť na tlačidlo *Uložiť*, vďaka čomu automaticky vznikne textový súbor podľa zadaného názvu dodávateľa užívateľom v tvare *nazov\_app.txt*.



Obrázok 46: Uloženie výstupu (Zdroj: Vlastná tvorba)



```

Súbor  Úpravy  Formát  Zobrazit  Pomocník
Názov dodávateľa:      DodavatelA

Ekonomické kritériá:    3.08
Produktové kritériá:    3.00
Termínové kritériá:    3.00
Ostatné kritériá:       3.00

Hodnotenie:             68.45
Skôr vhodný dodávateľ
  
```

Obrázok 47: Uložený textový súbor (Zdroj: Vlastná tvorba)

## Zaistenie integrity

Po stlačení tlačidla *Výpočet* je najskôr nutné overiť správnosť kritéria *Cena v tis. Kč* či ide o zadané číslo v požadovanom rozmedzí 40 – 400. Ak nie je, vybehne chybová hláška a výpočet sa neuskutoční. Pre zvyšok kritérií je integrita zaistená pomocou výberu z možností, ktoré sú vopred tvorbou formulára určené.



Obrázok 48: Chybová hláška vstupu (Zdroj: Vlastná tvorba)

Názov dodávateľa je potrebný pre export výsledkov, preto jeho vyplnenie sa kontroluje po stlačení tlačidla *Uložiť*, ktoré sleduje, aby nebolo prázdne pole Edit Field *Názov dodávateľa*. Zároveň sa overuje Edit Field (numeric) *Hodnotenie*, aby sa zamedzilo exportu bez hodnotenia, pretože by súbor neobsahoval pridanú hodnotu a nesplňoval by svoj zámer.



Obrázok 49: Chybová hláška exportu (Zdroj: Vlastná tvorba)

## 3.3 Testovanie a porovnanie modelov

Po rozhovore s interným zamestnancom firmy boli získané anonymizované ponuky dodávateľov pre otestovanie funkčnosti fuzzy modelov, v MS Exceli a MATLABe, na reálnych dátach. Požiadavka utajenia názvov firiem je dôležitá, pretože ide o dôverné interné informácie, ktoré môžu byť dočasné, a zároveň aby sa predišlo poškodeniu mena niektorej z dodávateľských firiem. Konkrétne ide o sedem firiem, ktorým bolo priradené

označenie Dodávateľ1 – Dodávateľ7 a kritériá sú predstavené v tabuľke v nasledujúcej kapitole. Po postupnom zadaní vstupov dodávateľov do každého modelu, vypočítaní a zosumarizovaní vyhodnotení je možné získať obraz o ich funkčnosti a vzájomných rozdieloch.

### 3.3.1 Výsledky modelu MS Excel

V modeli, ktorý bol opísaný v kapitole 3.1, sa vďaka získaným ponukám potencionálnych dodávateľov mohla vytvoriť v liste *List\_historia* archivačná tabuľka, ktorá zaznamenala jednotlivé kritériá dodávateľov a taktiež aj hodnotenie každého z nich. Zobrazená je v tabuľke nižšie.

**Tabuľka 11: Hodnotenie v percentách v MS Exceli 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba)**

Uložené hodnotenie dodávateľov					
Dodávateľ	Cena tis. Kč	Kvalita	Kladné referencie v %	Dostupnosť náhrad. Dielov	Doprava
Dodávateľ1	160 -200 tis. Kč	stredná	viac ako 75%	niektoré	osobný odber < 50 km
Dodávateľ2	200 – 250 tis. Kč	vysoká	50% - 75%	všetky	prepravná spoločnosť
Dodávateľ3	160 -200 tis. Kč	stredná	viac ako 75%	nie	prepravná spol. – zdarma
Dodávateľ4	120 – 160 tis. Kč	stredná	50% - 75%	nie	osobný odber > 50 km
Dodávateľ5	120 – 160 tis. Kč	nízka	menej ako 50%	všetky	osobný odber < 50 km
Dodávateľ6	200 – 250 tis. Kč	vysoká	viac ako 75%	niektoré	prepravná spol. – zdarma
Dodávateľ7	200 – 250 tis. Kč	stredná	menej ako 50%	nie	prepravná spoločnosť

**Tabuľka 12: Hodnotenie v percentách v MS Exceli 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba)**

Dodacia lehota	Predchádzajúca spolupráca	Tuzemský záručný servis	Reklamácia	Hodnotenie	Hodnotenie v %	Slovné hodnotenie
4 – 7 dní	menej ako 5 krát	áno	21 – 31 dní	54	64,29	Skôr vhodný dodávateľ
7 – 14 dní	10 – 20 krát	áno	14 – 21 dní	62	73,81	Skôr vhodný dodávateľ
7 – 14 dní	10 – 20 krát	áno	14 – 21 dní	55	65,48	Skôr vhodný dodávateľ
4 – 7 dní	nie	áno	21 – 31 dní	45	53,57	Skôr nevhodný dodávateľ
7 – 14 dní	nie	nie	21 – 31 dní	39	46,43	Skôr nevhodný dodávateľ
menej ako 4 dni	10 – 20 krát	áno	menej ako 7 dní	71	84,52	Vhodný dodávateľ!
Viac ako 14 dní	menej ako 5 krát	nie	14 – 21 dní	30	35,71	Skôr nevhodný dodávateľ

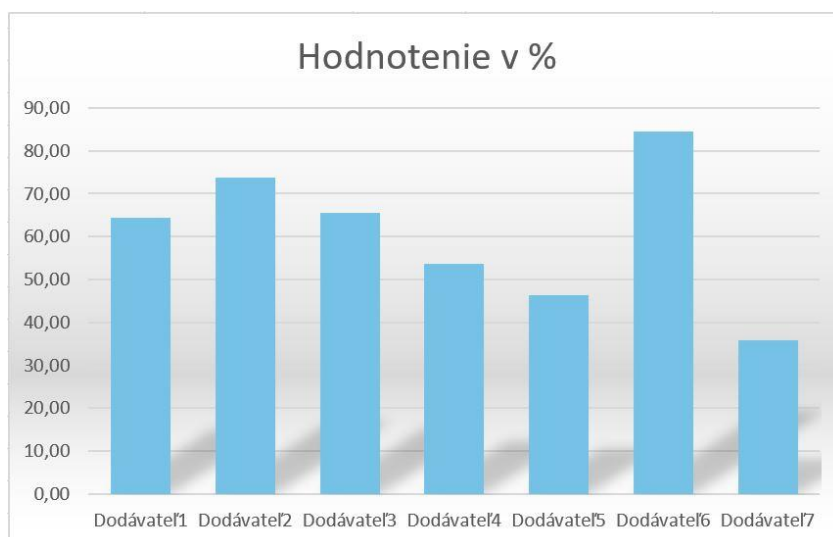
Ako z tabuľky vychádza, najvhodnejším pre uzavretie odberateľsko-dodávateľskej zmluvy je Dodávateľ6, ktorého model vyhodnotil, ako Vhodný dodávateľ!. Ide o cenovo vyššiu kategóriu, ktorá prichádza s vysokou kvalitou výrobku, služieb dodávky či rýchlej



reklamácie. K vysokému hodnoteniu prispeli aj kladné referencie. Získané skóre je 69 a s prevedením na percentá ide o 82,14%.

Vysoko hodnoteným potencionálnym dodávateľom taktiež vyšiel Dodávateľ2, ktorý rovnako pri vyššej cenovej ponuke ponúka kvalitné služby, ale nie tak časovo efektívne ako Dodávateľ6. Získal hodnotenie 62, čo znamená 73,81%, Skôr vhodný dodávateľ. Ďalšími obchodníkmi, ktorí mohli byť pri rozhodovaní braní do úvahy, sú Dodávateľ1 a Dodávateľ3. Tí však zaostávajú v doprave objednávky a nedostupnosti náhradných dielov.

Dodávatelia Dodávateľ4, Dodávateľ5 a Dodávateľ7 zaostávajú v oblastiach kvality, ponúkaných dodávacích služieb či dostupnosti náhradných dielov. Preto s hodnotením ako skôr nevhodný dodávateľ, sa neodporúčajú na uzavretie kontraktu. Grafické porovnanie je znázornené v grafe nižšie.



**Graf 1: Grafické znázornenie hodnotenia v MS Exceli (Zdroj: Vlastná tvorba)**

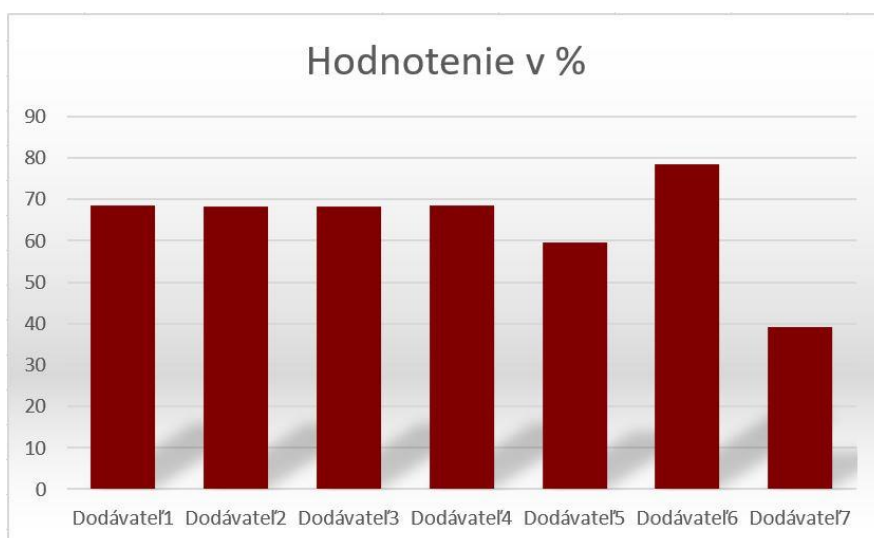
### 3.3.2 Výsledky modelu MATLAB

Z vytvoreného rozhodovacieho modelu, ktorý bol popísaný v kapitole 3.2, je následne možné získať hodnotenia jednotlivých dodávateľov a zosumarizovať ich obdobným spôsobom, akým sa získali hodnotenia z prostredia MS Exceli. Konkrétne hodnoty sa nachádzajú v tabuľke nižšie.

**Tabuľka 13: Hodnotenie v percentách v MATLABe (Zdroj: Vlastná tvorba)**

Dodávateľ	Ekonomické	Produktové	Termínové	Ostatné	Hodnotenie v %	Slovné hodnotenie
Dodávateľ1	3,02	3	3	3	68,45	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ2	3	3,71	2	3	68,17	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ3	3,71	3	2	3	68,17	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ4	3	3	3	3	68,45	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ5	3,71	2	2	2	59,67	Skôr nevhodný dodávateľ
Dodávateľ6	3,15	3,71	3,71	3,71	78,56	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ7	3	2	2	2	39,09	Skôr nevhodný dodávateľ

Ako vidieť z tabuľky vyššie, ani jeden z obchodníkov nezískal slovné hodnotenie Vhodný dodávateľ!, teda skóre vyššie ako 80%. Až 71% z množiny dodávateľov získalo hodnotenie Skôr vhodný dodávateľ, a preto je nutné porovnávať získané číselné hodnotenia. Napriek tomu najvyššie hodnoteným sa opäť stal Dodávateľ6, ktorý dosiahol skóre 78,56%. Pri bližšom pozorovaní vidieť, že prevahu nad ostatnými nezískal v ekonomických a produktových kritériách, ale najmä termínových a ostatných kritériách. Porovnávať je možné aj vizuálne v grafe nižšie.



**Graf 2: Grafické znázornenie hodnotenia v MATLABe (Zdroj: Vlastná tvorba)**

### 3.3.3 Porovnanie rozhodovacích modelov

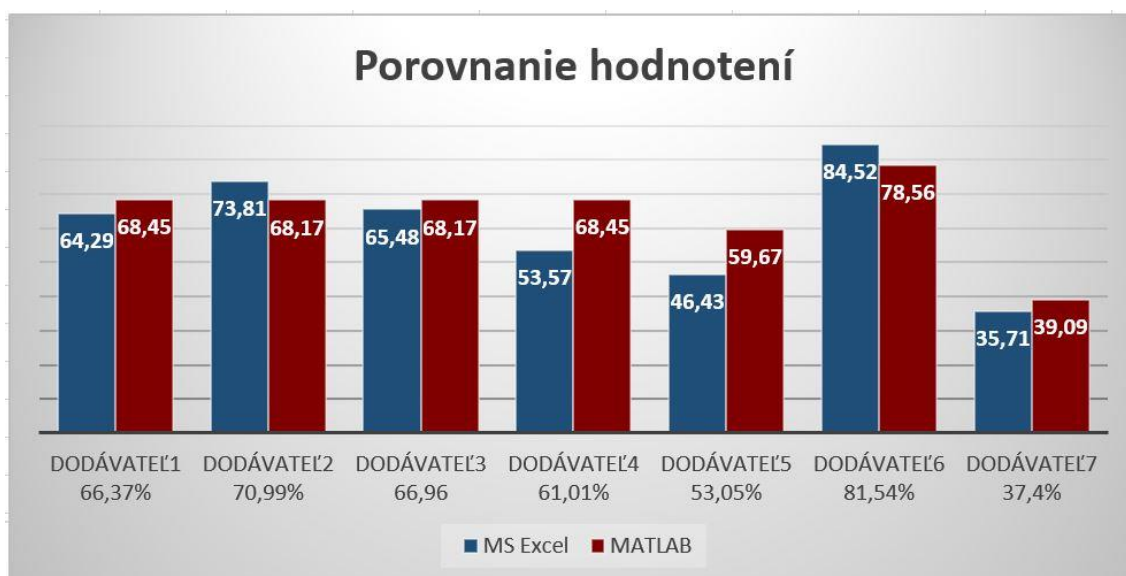
Vytvorením dvoch riešení, funkčných fuzzy modelov, je dôležité ich porovnať a tomu sa bude venovať táto kapitola. Ide o skúmanie a porovnanie z hľadiska funkčnosti, ich vyhodnotenia dodávateľov, ďalej z pohľadu nákladov a celkovo ich výhody a nevýhody.



**Tabuľka 14: Porovnanie slovných hodnotení** (Zdroj: Vlastná tvorba)

	MS Excel	MATLAB
Dodávateľ	Slovné hodnotenie	Slovné hodnotenie
Dodávateľ1	Skôr vhodný dodávateľ	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ2	Skôr vhodný dodávateľ	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ3	Skôr vhodný dodávateľ	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ4	Skôr nevhodný dodávateľ	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ5	Skôr nevhodný dodávateľ	Skôr nevhodný dodávateľ
Dodávateľ6	Vhodný dodávateľ!	Skôr vhodný dodávateľ
Dodávateľ7	Skôr nevhodný dodávateľ	Skôr nevhodný dodávateľ

Pri oboch modeloch boli výsledné hodnoty pridelené intervalom (0-30% Nevhodný dodávateľ, 31-60% Skôr nevhodný dodávateľ, 61-80% Skôr vhodný dodávateľ a 81-100% Vhodný dodávateľ!). Ako vidieť v tabuľke vyššie, slovné hodnotenia sa zhodujú v 5 prípadoch zo 7. Nezhoda nastala pri dodávateľoch Dodávateľ4 a Dodávateľ6 o posun hodnotenia vedľa. Napriek tomu práve Dodávateľ6 získal najvyššie hodnotenie v oboch prípadoch s priemernou hodnotou 81,54%.



**Graf 3: Porovnanie vyhodnotení** (Zdroj: Vlastná tvorba)

Na obrázku vyššie sa nachádza graf s hodnoteniami v percentách, preto je možné ich priamo porovnať. Profil grafu, ktorý znázorňuje jednak hodnotenia fuzzy modelu v MS Exceli modrými stĺpcami, a jednak modelu v MATLABe červenými stĺpcami, má podobný priebeh. Pre úplnosť sú pri názvoch dodávateľov zobrazené aj konečné, priemerné hodnoty výsledkov z oboch systémov. Porovnaním sa uskutočnilo overenie, že rozhodovacie modely pre firmu Braintrast sú správne a funkčné, ale pracujú rozdielnymi

spôsobmi, a zároveň sú si vzájomne komplementárne. Je možné tvrdiť, že oba modely tvoria konzistentné rozhodnutia.

Výsledkom oboch rozhodovacích modelov je, že pre firmu Braintrast je na základe daných kritérií, v rámci výberového konania z daných potencionálnych dodávateľov PLC, najvhodnejšie osloviť Dodávateľa6. Druhým a tretím kandidátom pre dodávateľsko-odberateľský vzťah sú odporúčani Dodávateľ2 a Dodávateľ3.

### **3.4 Prínosy riešenia**

Výstupom tejto práce sú navrhnuté a vytvorené dva fuzzy systémy, ktoré sú podporou v rozhodovaní o dodávateľovi PLC firmy Braintrast. Tieto modely boli vytvorené na základe zadávateľom získaných kritérií, ich ohodnotením a dodanými aktuálnymi ponukami dodávateľov PLC. Prvým z modelov bol vytvorený v prostredí Microsoft Excel pomocou programovacieho jazyka VBA, ktorý prichádza ako súčasť balíku Microsoft Office. Firma má túto licenciu zakúpenú, a teda nie je nutná licenčná investícia. Samotná aplikácia pozostáva z časti interaktívnych formulárov a z časti podporných tabuliek. Dané formuláre prehľadne uľahčujú prácu zadávania kritérií novým dodávateľom, aktualizáciu stávajúcich dodávateľov, vyhodnotenie vhodnosti a ukladanie týchto dát. Z celkového hľadiska ide o užívateľsky prívetivé prostredie s grafickým zobrazením, ktoré rýchlo a efektívne ponúka informácie, ktoré sú účelné pre rozhodovanie o dodávateľoch PLC. Výhodou je export zosumarizovaných dát do dokumentu formátu PDF.

Ďalšou časťou riešenia bol fuzzy systém v prostredí MATLAB. V tomto prostredí bežne zamestnanci nepracujú, ale čiastočné skúsenosti získali počas štúdia na akademickej úrovni. Výhodou je, že školenie bude môcť začať na o niečo vyššej úrovni. Taktiež pre implementáciu riešenia do firmy bude potrebné zakúpiť licenciu na využívanie softwaru, ktorá sa pohybuje okolo 50 000 Kč na 12 mesiacov. Samotné riešenie ponúka využitie prepracovanej metódy vyhodnotení, je intuitívne a zobrazuje čiastočné hodnotenie jednotlivých podsystémov. Systém je možné užívateľsky obsluhovať buď pomocou okna Command Window a M-súboru alebo pomocou formulára vytvoreného v MATLAB App Designe. Výhodou je tiež možnosť exportu, a to do textového súboru TXT.

Pri aktuálnej analýze výstupov bol jasne daný odporúčaný dodávateľ PLC Dodávateľ6, ktorý získal najlepšie hodnotenie v oboch modeloch s návrhom pre okamžité oslovenie potencionálneho obchodného partnera. Takáto analýza, ktorá vylepšuje súčasný proces rozhodovania, môže byť po implementácii v budúcnosti možná a prínosná. Pre firmu Braintrast sa odporúča zavedenie obidvoch modelov, pretože aj keď dokážu vykazovať dostatočné výstupy samostatne, pracujú odlišným mechanizmom a sú si doplnkom pre tie najlepšie výsledky.

### **3.5 Ekonomické zhodnotenie**

Náklady na vývoj, implementáciu a prevádzku sú neoddeliteľnou súčasťou zavedenia zmeny zaobstarania nástroja pre podporu rozhodovania, preto je nutné jednotlivé položky ozrejmiť. Prostrediami návrhu a užívania sú aplikácia Microsoft Excel, ktorého licenciou spoločnosť disponuje a MATLAB, ktorého licenciou treba zaobstaráť (50 000 Kč/mes). S MS Excelom pracujú zamestnanci na dennej báze pri plnení ich pracovných povinností, ale s MATLABOM majú iba základné skúsenosti. Hardwarom firma nepostráda a má ho v dostatočnej kvalite na požadovanú prácu. Z toho sa dá zhodnotiť, že do celkových nákladov nie sú započítané náklady na hardware ani úložný priestor.

Školenie zamestnancov a implementáciu bolo možné zhrnúť do 10 hodín. Ide o čas, ktorý sa vyhradí pre zoznámenie sa s prostredím, pochopením funkčnosti a výhod predstaveného riešenia. Osvojenie práce s návrhmi je jednoduché, pretože kroky boli tvorené intuitívne, v prípade potrieb sú možné úpravy pre maximálnu efektivitu pohybu v užívateľskom prostredí.

Najväčšou položkou sú vyplývajúce náklady z návrhu a programovania. Ide o 15 hodín venovaných návrhu a ďalších 50 hodín venovaných programovaniu. Po vzájomnej dohode so zástupcom firmy Braintrast vyšla hodinová mzda na 250 Kč, z čoho vyplýva spolu 68 750 Kč. Následne v budúcnosti budú náklady zahrňovať prevažne iba mesačný poplatok na licenciou MathWoks MATLAB.

## ZÁVER

Hlavným cieľom tejto diplomovej práce bola tvorba funkčných systémov, ktoré využívajú princípy fuzzy logiky, ako nástroje pre podporu rozhodovania o výbere dodávateľa PLC. Zadávateľom riešenia bola firma Braintrast, s.r.o.. Realizácia tvorby systémov prebiehala v dvoch prostrediach podľa požiadaviek zadávateľa, a to konkrétne v Microsoft Exceli, jeho doplnku Visual Basic for Application a MathWorks MATLABe. Dané požiadavky sú kritériá, ktoré vystupovali ako vstupy systémov a vďaka nim mohli byť získané výstupy systémov, číselné a slovné hodnotenia ponúk dodávateľov. Následne sa uskutočnilo porovnanie hodnotení potencionálnych dodávateľov samostatne v rámci každého z prostredí, a aj navzájom. Vzhľadom k vysokej zhode slovných hodnotení sa stanovilo tvrdenie, že obidva modely sú funkčné a dôveryhodné. Konkrétne bol doporučený Dodávateľ6, ako najvhodnejší z kandidátov, ktorý predstavuje ponuku vyššej cenovej kategórie, a napriek tomu do hodnotenia viac zavážila kvalita a služby. To odbúrava princíp rozhodovania iba na základe cenovej ponuky.

Riešenie obidvoch rozhodovacích systémov bude predstavené a ponúknuté vedeniu firmy Braintrast, ktorá v prípade záujmu plánuje implementáciu pre účel podpory výberu dodávateľa PLC s cieľom úspory nákladov. Následne bude otvorená možnosť budúcej spolupráce rozvoja a širšej modifikácie pre ešte väčšiu efektivitu a využitie v iných oblastiach rozhodovania firmy.

## 4 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- (1) MAŘÍK, Vladimír, Olga ŠTEPÁNKOVÁ a Jiří LAŽANSKÝ. Umělá inteligence (4). 1. Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1044-0.
- (2) DOSTÁL, Petr. POKROČILÉ METODY ANALÝZ A MODELOVÁNÍ V PODNIKATELSKÉ A VEŘEJNÉ SPRÁVĚ. 1. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-605-8.
- (3) HRONSKÝ, Patrik. Zásuvný modul pro Unity implementující fuzzy stavový stroj. Brno, 2014. *Baklářská práce*. FIT VUT v Brně.
- (4) JURA, Pavel. Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování. Brno: VUTIUM, 2003. ISBN 80-214-2261-0.
- (5) JOHN, Walkenbach. Microsoft Office Excel: 2007 Programování ve VBA. Brno: Comptuer Press, a. s., 2008. ISBN 978-80-251-2011-8.
- (6) MOLER, Cleve. The Origins of MATLAB [online]. In: . 2004 [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/the-origins-of-matlab.html>
- (7) HUMUSOFT [online]. 1991-2020 [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: <https://www.humusoft.cz/company/>
- (8) HANSELMAN, Duane a Bruce LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. 1. NJ: Pearson Education International Ltd., 2012. ISBN 10: 0-13-601330-9.
- (9) Fuzzy logic toolbox : for use with MATLAB ; user's guide, version 2. Natick, MA : The MathWorks, Inc., 2001.
- (10) Build Fuzzy Systems Using Fuzzy Logic Designer [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/building-systems-with-fuzzy-logic-toolbox-software.html>
- (11) MathWorks. MATLAB App Designer [online]. [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>

- (12) WALKENBACH, John. Microsoft Office Excel: 2007 Programování ve VBA. Brno: *Comptuer Press, a. s.*, 2008. ISBN 978-80-251-2011-8.
- (13) KRÁL, Martin. Excel VBA: výukový kurz. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2358-4.
- (14) BARILLA, Jiří, Simr PAVEL a Sýkorová KVĚTUŠE. Microsoft Excel 2013: *podrobná uživatelská příručka*. 1. Brno: Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-4114-4.
- (15) LAURENČÍK, Marek. Programování v Excelu 2007 a 2010. 1. Praha: *Grada Publishing a.s.*, 2011. ISBN 978-80-247-3448-4.
- (16) Veřejný rejstřík a Sbírka listin: BRAINTRAST, s.r.o., C 22470 vedená u Krajského soudu v Ostravě [online]. [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=233264&typ=UPLNY>
- (17) NIEMCZYK, Bogdan. Podnikanie v oblasti priemyselnej automatizácie: Braintrast, s.r.o. [ústne zdieľanie, online]. In: . [cit. 2021-03-27].
- (18) Braintrast,s.r.o. Průmyslová automatizace. Braintrast,s.r.o. *Průmyslová automatizace [online]*. 2019 [cit. 2020-10-25]. Dostupné z: <http://braintrast.cz/>
- (19) CO JE PLC NEBOLI PROGRAMOVATELNÝ LOGICKÝ AUTOMAT. DREAMland spol. s r.o. [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://dreamland-plc.cz/plc-programovatelny-logicky-automat/>
- (20) Indurstirial Automatisatation Systems SIMATIC. SIEMENS [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc.html>
- (21) Yokogawa Czech. : Co-innovating tomorrow [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.yokogawa.com/cz/>
- (22) Rockwell Automation [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers.html>

- (23) O společnosti Teco a.s. TECO: Advance Automation [online]. [cit. 2021-03-29].  
Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/about-us/about-company/>
- (24) PLC Automation. ABB [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z:  
<https://new.abb.com/plc>
- (25) DOSTÁL, Petr. ADVANCED DECISION MAKING IN BUSINESS AND PUBLIC SERVICES. 1. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-747-5.
- (26) KOLISKO, Pavel. Hodnocení obtížnosti cyklotras pomocí fuzzy model na území Jihomoravského kraje [online]. In: . 2013 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z:  
[http://download.arcdata.cz/konf/2013/prednasky/PDF/Kolisko\\_JMK.pdf](http://download.arcdata.cz/konf/2013/prednasky/PDF/Kolisko_JMK.pdf)

## ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV

Obrázok 1: Príklad tradičnej množiny a fuzzy množiny (Zdroj: (3)) .....	13
Obrázok 2: Vlastnosti fuzzy množín (Zdroj: (4)) .....	14
Obrázok 3: Proces spracovania fuzzy systému (Zdroj: (25)) .....	15
Obrázok 4: Základné operácie s fuzzy množinami (Zdroj: (4)) .....	15
Obrázok 5: Základné funkcie príslušnosti (Zdroj: (2)) .....	16
Obrázok 6: Metódy najvýznamnejšieho maxima a Metódy ťažísk (Zdroj: (26)) .....	18
Obrázok 7: Základné užívateľské prostredie MATLAB (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	23
Obrázok 8: Fuzzy Logic Toolbox (Zdroj: (10)) .....	24
Obrázok 9: FIS editor (Zdroj: (10)) .....	25
Obrázok 10: Membership Function Editor (Zdroj: (10)) .....	26
Obrázok 11: Rule Editor (Zdroj: (10)) .....	27
Obrázok 12: Rule Viewer (Zdroj: (10)) .....	28
Obrázok 13: Surface Viewer (Zdroj: (10)) .....	29
Obrázok 14: App Designer (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	30
Obrázok 15: VBA Editor (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	32
Obrázok 16: Logo firmy Braintrast, s.r.o. (Zdroj: (18)) .....	33
Obrázok 17: Grafická organizačná štruktúra (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	35
Obrázok 18: PLC (Zdroj: (19)) .....	39
Obrázok 19: Retransformačná matica a Hodnotenie (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	47
Obrázok 20: List_historia 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	47
Obrázok 21: List_historia 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	48
Obrázok 22: Vstupný formulár (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	49
Obrázok 23: formulár Nový dodávateľ (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	50
Obrázok 24: Aktualizácia dodávateľa (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	51
Obrázok 25: Odstránenie dodávateľa (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	52
Obrázok 26: Program po kliknutí na tlačidlo Výpočet 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	52
Obrázok 27: Program po kliknutí na tlačidlo Výpočet 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	53



Obrázok 28: Výstup výpočtu (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	53
Obrázok 29: Subsystémy modelu (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	55
Obrázok 30: Fuzzy Logic Designer – Ekonomické kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	56
Obrázok 31 :Fuzzy Logic Designer – Produktové kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	57
Obrázok 32: Fuzzy Logic Designer – Termínové kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	57
Obrázok 33: Fuzzy Logic Designer – Ostatné kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	57
Obrázok 34: Fuzzy Logic Designer – Výstup (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	58
Obrázok 35: Ekonomické kritériá – Cena (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	59
Obrázok 36: Ekonomické kritériá - Doprava (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	59
Obrázok 37: Ekonomické kritériá – Výstup (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	60
Obrázok 38: Ekonomické kritériá - Rule Editor (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	61
Obrázok 39: Ekonomické kritériá (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	62
Obrázok 40: Rule Viewer (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	63
Obrázok 41: Ukážka kódu - vstupy (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	64
Obrázok 42:Ukážka kódu - vyhodnotenie (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	65
Obrázok 43: Užívateľské prostredie M-súboru (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	66
Obrázok 44: Export M-súboru (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	66
Obrázok 45: MATLAB App formulár (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	67
Obrázok 46: Uloženie výstupu (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	68
Obrázok 47: Uložený textový súbor (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	68
Obrázok 48: Chybová hláška vstupu (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	69
Obrázok 49: Chybová hláška exportu (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	69

## **ZOZNAM POUŽITÝCH TABULIEK**

Tabuľka 1: Popis transformačnej matice (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	20
Tabuľka 2: Transformačná matica (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	20
Tabuľka 3: Stavová matica (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	21
Tabuľka 4: Retransformačná matica (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	21
Tabuľka 5: Slovný popis transformačnej matice 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	44
Tabuľka 6: Slovný popis transformačnej matice 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	44
Tabuľka 7: Číselné hodnotenie transformačnej matice 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	45
Tabuľka 8: Číselné hodnotenie transformačnej matice 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	45
Tabuľka 9: Stavová matica 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	46
Tabuľka 10: Stavová matica 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	46
Tabuľka 12: Hodnotenie v percentách v MS Exceli 1/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	70
Tabuľka 13: Hodnotenie v percentách v MS Exceli 2/2 (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	70
Tabuľka 14: Hodnotenie v percentách v MATLABe (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	72
Tabuľka 15: Porovnanie slovných hodnotení (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	73

## **ZOZNAM POUŽITÝCH GRAFOV**

Graf 1: Grafické znázornenie hodnotenia v MS Exceli (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	71
Graf 2: Grafické znázornenie hodnotenia v MATLABe (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	72
Graf 3: Porovnanie vyhodnotení (Zdroj: Vlastná tvorba) .....	73

## **ZOZNAM PRÍLOH**

<b>Príloha č. 1:</b> .....	<b>I</b>
----------------------------	----------

## **Príloha č. 1: Štruktúra príloh**

- MS\_Excel
  - EXCELmodel.xlsm
- MATLAB
  - ekonomicke\_kriteria.fis
  - produktove\_kriteria.fis
  - terminove\_kriteria.fis
  - ostatne\_kriteria.fis
  - model.m
  - model\_app.mlapp